

FILOZOFSKI FAKULTET  
ODSJEK ZA INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE  
ZNANOSTI

Ak. god. 2017./2018.

Ema Novak Stanko

**3D dizajn**

diplomski rad

**Mentor:** doc. dr. sc. Vedran Juričić

Zagreb, srpanj 2018.

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Osnove modeliranja.....	2
2.1 Aplikacije za modeliranje.....	3
2.1.1 Interaktivne aplikacije.....	4
2.1.2 Skriptirane aplikacije.....	4
2.2 Načini korištenja 3D modela.....	4
2.2.1 Područja korištenja 3D modela.....	5
2.3 Modeli i iscrtavanje.....	5
3. Elementi 3D dizajna.....	7
3.1 3D modeliranje.....	7
3.2 Materijali i sjenčanje.....	8
3.3 Osvjetljenje.....	10
3.4 Iscrtavanje.....	11
4. Vrste 3D modeliranja.....	13
5. Prikaz stvarnog razvojnog procesa u industriji video igara.....	16
5.1 Uloge.....	16
6. Elementi 3D modeliranja u igrama.....	19
6.1 Izrada modela.....	19
6.2 Materijali i teksture.....	23
6.3 Animacija u igrama.....	26
6.4 Korisni alati.....	27
7. Upute za kvalitetnu izradu modela.....	29
8. Modeliranje lika za video igru.....	33
8.1 Nacrt za 3D model.....	33
8.2 3D modeliranje lika.....	34
9. Praktični dio – izrada interijera.....	37
9.1 Modeliranje čvrstih površina.....	37
9.2 Dizajn modela.....	40
Zaključak.....	46
Literatura.....	47
Popis slika.....	48

## Sažetak

U ovom diplomskom radu je opisan, i na primjerima prikazan, cjelokupan proces 3D dizajna. Prikazane su osnove modeliranja i područja korištenja 3D modela. Modeliranje je prvi korak u 3D dizajnu i slijede ga izrada materijala i tekstura, osvjetljavanje, postavljanje kamere u sceni i iscrtavanje. Kao primjer područja u kojem se koristi 3D dizajn, izabrana je industrija video igara te su navedene uloge zaposlenika koji rade u procesu razvijanja igre. Opisan je proces 3D modeliranja u igrama i što se sve koristi u njemu te koje upute treba slijediti kako bi se napravio kvalitetan model. Proces modeliranja likova u igrama je drugačiji i kompliciraniji od modeliranja drugih elemenata te je zato odlučeno da se prikaže. Na kraju, napravljen je praktični dio kako bi se objedinili svi koraci 3D dizajna na jednom primjeru.

**Ključne riječi:** 3D dizajn, 3D modeliranje, dizajn video igara

## Abstract

In this graduate thesis, the entire process of 3D design is described. The basics of modeling and areas of using 3D models are shown. Modeling is the first step in 3D design and it is followed by material editing and texturing, illumination, scene camera setting and rendering. Video game industry is chosen as an example of an area in which 3D design is used and the roles of employees that work in the process of developing video games are listed. The process of 3D modeling in video games is described, as well as everything that is used in it, along with instructions which need to be followed to make a quality model. Video game character modeling process is different and more complicated than modeling other elements and that is the reason it is decided to be shown. Ultimately, the practical example is done so that all previous steps of 3D design can be united in this one praxis.

**Key words:** 3D design, 3D modeling, video game design

# 1. Uvod

Primarni cilj ovog rada je razjasniti što točno znači pojam 3D dizajn i koja je razlika između samog modeliranja i dizajna. Ukratko, modeliranje je samo jedan dio dizajna s kojim modeler započinje svoj posao. Elementi koji čine 3D dizajn su zapravo nekoliko područja znanja spojeni u jedno: slikarstvo ili umjetnost, fotografiranje, digitalna obrada slika i animacija. Što više područja je dizajner upoznat, to će kvaliteta i realističnost slike biti veći. 3D dizajn je proces u koji pripada ne samo modeliranje, nego i postavljanje tekstura, svjetla, kamera, rad s renderom i na kraju, post produkcija.

Vrhunski 3D dizajneri su svestrane osobe koje godinama proučavaju minimalno jednu aplikaciju za modeliranje, koji znaju jako puno o fotografiji i načinu osvjetljenja, a često su i 2D umjetnici pa lako mogu samostalno napraviti teksture koje koriste na svojim modelima. Ovo se naročito odnosi na dizajnere likova, većinom u industriji video igara, gdje dizajneri moraju imati veliko crtačko znanje i znanje anatomije tijela kako bi što efikasnije mogli izrađivati proporcionalne likove i kreature.

Velika je zabluda da posao dizajnera završava nakon što on napravi 3D objekt. To je možda slučaj u industriji video igara, gdje uistinu postoji posao modelera koji radi samo to, no kada se kaže da se netko bavi 3D modeliranjem, zapravo se podrazumijeva da ta osoba zna koristiti i sve ostale korake koji su potrebni da se napravi slika od 3D modela. Industrija video igara je odabrana kao stvarni primjer korištenja 3D dizajna jer je ona logično podijeljena po odjelima unutar studija koji razvija igru te su navedeni svi elementi oko kojih se mora paziti kod izrade igre. Za potrebe ovog rada, napravljen je i praktični dio izrade interijera u aplikaciji *3DS Max* kako bi se objedinili svi elementi potrebni za 3D dizajn.

## 2. Osnove modeliranja

Svaka računalno stvorena slika zahtijeva tri osnovne komponente: prikaz 3D scene, jedan ili više izvora svjetla i kameru koja prikazuje scenu.<sup>1</sup> Prikaz scene se sastoji od jednog ili više 3D modela ili struktura. Inače se model promatra kao samostalna jedinica, npr. olovka ili drvo, dok je scena skup tih jedinica u cjelovitom 3D okruženju. Svaki model sadrži dva opisa: matematičku reprezentaciju oblika strukture i recept za izgled tog modela kada bi ga se osvijetlilo.

### Struktura modela

Opis strukture modela je zapravo geometrijski opis, koji prikazuje gdje se objekt nalazi u prostoru i gdje se ne nalazi. Na primjer, može se zamisliti prazna šalica za kavu koja lebdi u prostoru. Ako se zamrzne vrijeme i pogleda svaku molekulu u prostoru, svaka molekula će biti dio materijala šalice ili dio zraka koji okružuje šalicu. Neke metode modeliranja su jako slične ovom pristupu – one stvaraju točke u prostoru ili precizno režu poligone u prostoru i označavaju ga punim ili praznim. Druge metode dopuštaju apstraktniji prikaz modela, npr. da je šalica zapravo debeli cilindar s dnom i zaobljenim rubom.

### Izgled modela

Drugi dio svakog modela je prikaz površine koji opisuje fiziku interakcije površine modela s osvjetljenjem. Ova fizika bazira se na terminima koji imaju intuitivno značenje, kao što su boja, odsjaj materijala i prozirnost. Zato se s ovim opisom može saznati da je šalica plava i sjajna, i tako precizno objasniti njen izgled. Kod modeliranja je bitno odabrati koliko detaljno se želi napraviti model i je li bitno uključiti svaku izbočinu i neravninu u materijalu ili je dovoljno napraviti matematički savršen objekt. Odgovor na ovo pitanje ovisi o tome na koji će se način koristiti model. Ako će stajati u pozadini na nekoj polici, slabo osvijetljen i jedva vidljiv, onda je dovoljno da objekt bude jednostavan bez realističnosti u materijalu. Ako je, s druge strane, objekt najvažniji dio slike, što znači da je on velik i dobro osvijetljen, onda se treba dodati više detalja.

---

<sup>1</sup> Badler, Norman I., Glassner, Andrew S. *3D Object Modeling* URL: [http://gamma.cs.unc.edu/courses/graphics-s09/LECTURES/3DModels\\_SurveyPaper.pdf](http://gamma.cs.unc.edu/courses/graphics-s09/LECTURES/3DModels_SurveyPaper.pdf), (26.5.2018.)

## **Slike i simulacije**

Postoje dva glavna razloga za izradu 3D modela na računalu: izrada slika i simulacije. Oba procesa su slična jedan drugome, ali koriste se u različite svrhe. Izrada slika zahtijeva da modeli izgledaju dobro. Moraju biti dovoljno detaljni da nisu dosadni promatraču te dovoljno realistični da mogu uvjerljivo oponašati opis pravog oblika. S druge strane, simulacija zahtijeva modele koji su precizni. Primjer simulacije je testiranje izdržljivosti krova novog stadiona u slučaju jakog pljuska te je od presudne važnosti da krov bude točnog oblika koji je isplaniran, kako bi se saznalo koliko će se kiše odliti sa strane. Također, postoje dva načina opisivanja modela. Jedan je interaktivan i aproksimativan te služi za modele koji samo trebaju izgledati dobro. Drugi je spor i precizan te služi za modele koji moraju biti točni. Postoji i veliko preklapanje između ova dva pristupa jer mnogo modela koji se koriste za slike moraju biti veoma precizni i ponekad simulacije trebaju za početak neki jednostavan model koji služi kao zamjena kompleksnom obliku.

## **Vizualni detalji**

Rana računalna grafika je koristila vrlo jednostavne modele: stol je bio dugačak kvadar sastavljen od šest savršenih strana. Pravi stolovi puno su zanimljiviji jer imaju detalje. Imaju strukturalne detalje i detalje o izgledu (naziva se i teksturom). Niti jedna stvar u prirodi nema savršeno oštre kutove, nije savršeno glatka ili bez ikakvih odlika. Za izradu interesantnih i vjernih slika, trebaju se izrađivati modeli koji imaju dovoljno raskoši kako bi mogli što vjernije prikazati kompleksnost stvarnog svijeta. Stvaranje detalja je jedan od glavnih izazova svakom dizajneru, no što je dulje potrebno da se izradi model, to dulje treba i računalu da ga obradi.

### **2.1 Aplikacije za modeliranje**

Postoji nekoliko aplikacija koje su dostupne za pomoć pri izradi 3D modela. Ove aplikacije inače se nazivaju modelerima, a osoba koja ih koristi se također može zvati modeler, no budući da je to zbunjujuće, u daljnjem tekstu će se te osobe nazivati dizajnerima. Dizajner može u aplikaciji stvoriti kopiju nekog osnovnog oblika, npr. kocke i onda ju modificirati da stvori dio modela. Osnovni oblici nazivaju se primitivima i svaka kopija je instanca tog primitiva, što znači da kockasti robot napravljen od 20 pravokutnih kocki sadrži 20 instanci primitivnih kocaka.

### 2.1.1 Interaktivne aplikacije

Jedna vrsta modelera su interaktivni modeleri. Uobičajeno je da dizajner koristi tipkovnicu i miš i manipulira oblicima na ekranu. Budući da je slika dvodimenzionalna, različiti sustavi imaju različite načine manipulacije objekata u 3D-u. Interaktivni modeleri imaju mnoštvo dizajnerskih pomoćnih alata koji pomažu da se ostvari što veća preciznost u izradi modela. Najčešći primjer je funkcija *Snap* koja omogućava da se krajevi jednog modela spoje na drugi model ili na nevidljivu mrežu (eng. grid). Modeli se stvaraju pomoću interaktivnog odabiranja, kreiranja, modificiranja i stvaranja instanci primitiva. Oblici imaju pomoćne gumbе koji omogućuju upravljanje modelom i oni mogu biti u obliku točaka, zakrivljenih linija ili interaktivnih alata.

### 2.1.2 Skriptirane aplikacije

Postoji još jedna vrsta modelera koja se zasniva na unosnoj skripti koja opisuje model. Skripta je niz naredbi koji je stvorio dizajner u običnom uređivaču teksta. Njena svrha je da opisuje oblike modela jedan po jedan, identificirajući svakog posebno po njegovom primitivu i parametrima koji opisuju tu instancu objekta. Budući da skriptirani modeleri omogućavaju da se operacije odrede numerički, a ne interaktivno, oni su idealni za vrlo precizno modeliranje. Postoje i drugi načini izrade modela, kao što su digitaliziranje postojećih 3D struktura ili pomoću analiziranja fotografija.

## 2.2 Načini korištenja 3D modela

Postoji mnoštvo načina korištenja 3D modela. Neki od njih su sljedeći:

- za vizualizaciju dizajna – opis izgleda proizvoda prije proizvodnje
- za odabir najbolje kombinacije oblika, boje, izgleda, itd.
- za procjenu izgleda –izgled postojeće scene i ako se ona izmijeni pomoću nekog objekta je li potrebno dodati ili oduzeti svjetla
- za procjenu izvodljivosti – ispitivanje je li objekt napravljen po specifikacijama dizajna, može li on izdržati dovoljnu količinu pritiska, tereta, vrućine itd. te može li ga se proizvesti u tvornici, napraviti pomoću kalupa ili modeliranjem
- za procjenu cijene, volumena, površine, vremena izrade i sl. te procjenu koliko je materijala potrebno za izradu, odnosno koliko materijala se mora odstraniti
- za procjenu fizičkih obilježja – način na koji površina objekta reagira u doticaju sa svjetlom, kako obilježja površine objekta (grubost, valovi i sl.) utječu na geometriju objekta te koliko se realistično može napraviti neki objekt

### **2.2.1 Područja korištenja 3D modela**

Danas se 3D modeli koriste u velikom broju različitih područja: animacija, arheologija, arhitektura, stomatologija, moda, medicina, filmovi, web dizajn, itd. Istraživanje 3D modeliranja može se iskoristiti za projekte digitalne restauracije. Jedan od primjera iz stvarnog života je izrada modela interijera i eksterijera crkve sv. Sergija i Bakha u Carigradu, pomoću *3DS Maxa*. *Computer-Aided Tissue Engineering* je novo područje u biomedicini koje koristi modeliranje kao pomoć pri izradi tkiva i organa te se koristi i kao vodič za dizajniranje umjetnih organa i tkiva. Arhitekti i inženjeri koriste 3D aplikacije kako bi prikazali prijedloge zgrada, pejzaža, uređaja, struktura, vozila, itd. Čak i znanstvenici koriste 3D geološke modele. Seizmolozi, na primjer, ih koriste kako bi predvidjeli događaje u unutrašnjosti zemljine kore zbog pomicanja zemljinih ploča, erozije i sl. Naravno, najprivlačnija polja korištenja 3D modela su danas najveće industrije zabave, a to su naravno, film i video igre. Film i animirani filmovi koriste računalno stvorene likove, objekte i okoliše kako bi stvorili optičku iluziju dubine. Video igre koriste 3D modele i okoliš kako bi stvorili virtualne svjetove na koje igrači mogu utjecati i koje mogu pretraživati.

### **2.3 Modeli i iscrtavanje**

Važno je razumjeti razliku između modela i iscrtavanja (eng. rendering). Modeli opisuju objekt i njegove atribute kao što su oblik ili geometrija, boja, propuštanje svjetlosti, glatkost površine i tekstura. S druge strane, algoritam za iscrtavanje je taj koji pretvara model u pogled na ekranu – iz perspektive postavljene kamere u 3D podatke na ekranu, on prikazuje vidljive dijelove scene i pretvara svojstva objekata u vrijednosti piksela u kontekstu izvora svjetlosti, atmosferskih efekata, zaglađivanja rubova, kompozicije slike i boje modela.

#### **Operacije nad modelima**

Operacije koje se koriste nad objektima su: transformacije, promjene detalja, mjera, kombinacija i načina prikaza na ekranu. Transformacije tvore bazu većine sustava za modeliranje. To uključuje dobro poznate geometrijske transformacije kao što su: translacije, rotacije, skaliranje i zrcaljenje. Promjena detalja je proces dodavanja ili oduzimanja informacija kako bi se postigli bolji vizualni efekti ili kako bi se pojednostavile druge operacije za efikasniji rad računala. Primjerice, modeli se mogu grupirati u hijerarhijske strukture kako bi im se pojednostavila organizacija pa se zato model sastoji od podmodela koji se isto sastoje od podmodela i tako do razine primitivnih oblika. Objekti se često mogu kombinirati kako bi tvorili puno kompleksnije objekte. Geometrija objekata je bazirana na Booleovoj logici kao osnovnim



operacijama. Kombinacije operacija mogu biti: unija (spoj svega što je u bilo kojem objektu), intersekcija (sve što je u oba objekta), razlika (sve što je u jednom objektu, ali nije u drugom) i simetrična razlika (sve što je u bilo kojem objektu, ali nije u oba objekta).

## **Poligoni**

Poligonalni modeli su najraširenija vrsta reprezentacije u računalnoj grafici. Modeli su prikazani kao mreža poligona koja tvori 3D poliedar. Svaki poligon se sastoji od povezanih: vrhova (eng. vertex), bridova (eng. edge) i stranica (eng. face). Grupe poligona spremaju se u liste, tablice ili povezane strukture kako bi olakšale prohodnost po povezanim stranicama, bridovima i sl. Poligoni su izmjereni, uobličeni i pozicionirani tako da potpuno oblože potrebnu površinu na nekoj rezoluciji. Poligonalne modele je jednostavno manipulirati, definirati i prikazati. Poligoni su najbolji objekti za modeliranje čija je namjena da imaju površinu te se pomoću njih mogu prikazati i najkompleksniji modeli.

## **Specijalizirani sustavi**

Kako bi se postigla što veća efikasnost u prikazu modela na računalu i što veće jedinstvo objekata, preporučuje se izbjegavati Booleove operacije (zbog veće kontrole nad izgledom modela kasnije) i koristiti elipsoidne, cilindrične oblike ili kugle. Elipsoidni oblici se koriste za modeliranje likova sličnim onim iz crtića te se čak mogu koristiti za modele terena, grmlja i drveća. Cilindri se koriste za modeliranje izduženih, simetričnih objekata. Kugle ili sfere su jedini primitiv koji je izotropičan – identičan je u izgledu sa svih strana. One također imaju najjednostavniju manipulaciju geometrije – samo je potrebno dodati radijus.

### 3. Elementi 3D dizajna

U ovom poglavlju su opisani svi elementi potrebni za cjelokupan proces 3D dizajna.

#### 3.1 3D modeliranje

Modeliranje u obliku računalne animacije predstavlja proces kreiranja površina s trodimenzionalnim svojstvima unutar računala, radi kasnijeg iscrtavanja u sliku ili niz slika.<sup>2</sup> Kao što je već ranije spomenuto u radu, modeliranje se koristi u raznim granama industrije za vizualizaciju mnoštva stvari kao što su: bijela tehnika, automobili, vizualizacija zgrada, prototipa, itd. Modeliranje spada među najzahtjevnije oblike bavljenja računalnom grafikom i vizualizacijom, posebno radi toga što je teško postići realne prikaze objekata, zbog velikog broja parametara koji utječu na izgled završnog modela ili renderera.<sup>3</sup> Najpopularniji modeli su većinom *Autodeskovi* proizvodi poput: *3DS Max*, *Maya*, *Photo Scene Editor*. Računalna grafika fokusira se na transformiranje 3D podataka u 2D prikaz slike, budući da je slika kao završni proizvod, najbitnija stavka. Kao osnova 3D modeliranja je važna i razlika između dvije vrste modela koji se mogu izraditi: modeliranje ravnih ili čvrstih površina (eng. hard surface modeling) i organsko modeliranje (eng. organic modeling). Kao što sami nazivi pojašnjavaju, modeliranje ravnih površina se odnosi na sve anorganske stvari tj. sve što su ljudi izradili i što ima oštre kutove i uglati oblik, dok organsko modeliranje obuhvaća sve žive stvari poput ljudi, životinja i biljaka, koje imaju glatke i tečne oblike. Ovo je najjednostavnije i najizravnije objašnjenje modeliranja jer gotovo svaki 3D modeler ima svoju definiciju te se i u ovom radu koristi ta definicija. Neki modeleri smatraju da je razlika u mreži poligona jer je npr. kamen organski objekt, ali ima uglati oblik što znači da bi pripadao modeliranju tvrdih površina. Drugi ih razlikuju po tome hoće li se objekt animirati ili ne jer ako se animira npr. kanta za smeće koja je ravnih površina, ona se zbog toga pretvara u organski model jer je animirana. „Koja je onda pravilna razlika između organskim modela i onih s ravnom površinom? Važno je istaknuti da ne postoji ispravan ili pogrešan način razlikovanja ta dva pojma.“<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Baričević S., Žižić I. *3D modeliranje i generiranje oblaka točaka pomoću Autodesk ImageModeler-a i Photo Scene editor-a*. // Ekscentar, 14(2011), str. 50-55.

<sup>3</sup> isto

<sup>4</sup> Pluralsight. What's the difference between hard surface and organic modeling? Lipanj 2015. *Pluralsight*. URL: <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/whats-the-difference-between-hard-surface-and-organic-models>, (26.5.2018.)

## 3.2 Materijali i sjenčanje

Kako bi se iscrtao geometrijski objekt, potrebno je dodati definiciju materijala na površinu tog objekta. Taj materijal se definira odvojeno od objekta te se može izravno dodijeliti geometrijskom obliku ili spojiti s grafičkom hijerarhijom koja je namijenjena tom objektu. *Shaderi* su male *plug-in* aplikacije koje se mogu odabrati iz knjižnice *shadera* ili se mogu isprogramirati u C ili C++ programskim jezicima. Materijal se može sastojati od devet *shadera* i slijede opisi nekih od njih:

- *shader* materijala – definira izgled površine objekta kada ga osvjetli zraka svjetlosti. On kontrolira osvjetljenje, odbлесак, prozirnost i druga svojstva površine i jedini je obavezan *shader*
- *shader* sjena – kontrolira način na koji prozirni objekti stvaraju sjene i neprozirni objekti ne trebaju ovaj *shader*
- fotonski *shader* – koristi se kada je uključeno globalno osvjetljenje. Kontrolira način na koji objekti utječu na efekte globalnog osvjetljenja kao što su: raspršenost, svjetlina, refleksija i refrakcija. Ovo rezultira u prelijevanju boje osvjetljenog objekta na okolne objekte.
- *shader* obrisа – kontrolira stil obrisа i koristi se kada se želi postići slika kao iz crtanog filma ili kada se dodaje sjaj na objekte
- *shader* mape svjetla – stvara teksturnu mapu tako da skenira cijelu površinu objekta i prikupljene informacije sprema u teksturnu mapu ili na drugo mjesto gdje se to može iskoristiti za naknadna iscrtavanja

## Metode teksturiranja i preslikavanja

Preslikavanje teksture (eng. texture mapping) je metoda dodavanja detalja, teksture površine ili boje na 3D model.<sup>5</sup> Teksture se uvijek dodaju na površinu 3D modela. Svaka tekstura ima svoj  $u, v$  koordinatni sustav. On se zove UV jer ta dva slova označavaju koordinate 2D teksture, dok se  $x, y, z$  koordinate koriste kao osi 3D objekta u prostoru. U ovom sustavu, svaki vrh se postavlja iz poligona na kojem je tekstura primijenjena. Na ovaj način se slika proširi preko stranica poligona te daje puno detaljniji vizualni rezultat nego s limitiranim brojem poligona. Kako bi se postigao što detaljniji i realistični rezultat, često se koristi više tekstura na

---

<sup>5</sup> Luan, X., Xie, Y., Ying, L., Wu, L. *Research and Development of 3D modeling*. // IJCSNS 8, 1(2008), str. 49-53.

istom objektu. Ovaj proces se zove multiteksturiranje. Difuzna tekstura je glavna tekstura koja određuje koje boje će biti objekt, dok se druge teksture koriste za dodavanje detalja toj teksturi.

### **Preslikavanje neravnina i normala**

Preslikavanje neravnina (eng. bump mapping) je tehnika u računalnoj grafici pomoću koje se simuliraju udubine površine objekta kojeg se iscrtava.<sup>6</sup> Ova metoda dodaje realnost objektima bez modificiranja njihove geometrije. To se postiže tako da se deformira stvarna površina objekta kako bi se dobio dojam da je cjelokupna površina uistinu deformirana. Modificirane stvarne površine se koriste za uobičajene svjetlosne izračune i tako se glatkoj površini dodaje efekt udubina i izbočina. Preslikavanje neravnina koristi crno-bijelu (eng. greyscale) sliku za deformiranje stvarnih površina. Ova crno-bijela slika je zapravo mapa visina, koja određuje koji dio slike će imati udubinu, a koji izbočinu. Crna boja je udubljenje, a bijela boja predstavlja izbočenje. Preslikavanje normala (eng. normal mapping) također simulira udubine i izbočine, kao i preslikavanje neravnina, ali je princip drukčiji. Preslikavanje normala, umjesto crno-bijele slike, koristi RGB sliku koja može sadržavati informacije za 3D koordinatni sustav. Umjesto deformiranja postojećih geometrijski stvarnih površina, one se potpuno zamjenjuju s novim površinama koje se stvaraju iz RGB slike. Preslikavanje normala je puno detaljnije u usporedbi s preslikavanjem neravnina, što se osobito vidi u sjenama, kada se dodani izvor svjetla pomiče na sceni.

### **Preslikavanje pomaka**

Preslikavanje pomaka (eng. displacement mapping) stvara samo ono što se simulira pomoću preslikavanja normala i neravnina. Korištenjem preslikavanja pomaka, za vrijeme iscrtavanja površine objekta tj. udubina i izbočina koje se dobivaju pomoću crno-bijele slike (isto kao kod preslikavanja neravnina), stvara se stvarna geometrija. Sjene koje stvaraju ove udubine su stvarne i nema potrebe da se lažiraju, što omogućava veći nivo realizma, što je zapravo glavna prednost ove metode. Preslikavanje pomaka nudi najbolje rezultate, ali zahtijeva i puno računalnih resursa, što znači da se vrijeme iscrtavanja značajno produžuje. Ovo preslikavanje se prije koristilo samo u naprednom korištenju rendera i u filmskoj industriji koja ima na raspolaganju snažne konfiguracije računala, no danas se može koristiti čak i u okruženjima u kojima je potrebno iscrtavanje u realnom vremenu – poput video igara.

---

<sup>6</sup> Bernik A., Blažuc G. *Tehnike renderiranja i računalnog osvjetljenja*. // Tehnički glasnik 7, 3(2013), str. 273-282.

### 3.3 Osvjetljenje

U većini programa za 3D modeliranje postoje razni tipovi izvora svjetlosti koji su veoma slični. Svaki od njih pruža drugačiju opciju za osvjetljavanje scene. Slijede detaljnija objašnjenja najučestalijih izvora svjetlosti.

#### Usmjereno svjetlo

Usmjereno svjetlo (eng. directional light) temelji se na jednom vektoru i, ovisno o njegovom smjeru, svjetlo osvjetljava svaki objekt pod istim kutom. Položaj ovog izvora na sceni, s obzirom na položaj drugih objekata, nije bitan. Bitni su samo njezin smjer i kut na  $x$ -osi, koji se kontrolira pomoću rotacijskih alata. Ovo svjetlo se koristi kada je potrebno osvjetliti veće površine ili kada ga je potrebno iskoristiti kao zamjenu za globalno osvjetljenje.

#### Točkasto svjetlo

Točkasto svjetlo (eng. point light) se odašilje iz beskonačno male točke u prostoru i jednako se raspršuje u svim smjerovima. Iako u stvarnom svijetu ne postoji svjetlo sa savršeno okruglim radijusom, ovaj izvor se može usporediti sa žaruljom ili zvijezdom u svemiru. Ovaj nestvarni radijus može se ispraviti ili limitirati s drugim objektima koji stvaraju sjenu ili dodavanjem teksturne mape na to svjetlo. Jedna od važnijih opcija je brzina raspadanja (eng. decay rate) koja odlučuje kako se intenzitet svjetla smanjuje što se više udaljuje od izvora, što jako utječe na realizam.

#### Reflektor

Reflektor (eng. spot light) tj. svjetlo pozornice je izvor koji se emitira iz beskonačno male točke u prostoru, ali za razliku od točkastog svjetla, svjetlo se limitira na predefinirani konus. Ova vrsta svjetla se jako često koristi općenito u računalnoj grafici. Njime se lagano upravlja i može se grupirati s drugim 3D modelima kao npr. ručnom svjetiljkom i svjetlima automobila.

#### Osvjetljenje područja

Osvjetljenje područja (eng. area light) je dvodimenzionalni izvor svjetla koji simulira svjetlo koje je određenog oblika, većinom četverokuta. Ovi izvori se koriste kada svjetlo dolazi od prozora, TV-a, neonskih svjetla itd. Svjetlo se može formirati u pet oblika: četverokut, disk, krug, cilindar i korisnički definirani oblik. Ovom svjetlu treba više vremena za iscertavanje i njeni produkti su svjetla i sjene bolje kvalitete.

## **Volumensko svjetlo**

Volumensko svjetlo (eng. volume light) radi tako da zadržava svjetlo unutar određenog volumena. Ova vrsta svjetla se koristi za neke specijalne efekte. Moguće je birati između četiri oblika ovog svjetla: sfera, kocka, cilindar i konus. Nadalje, postoje tri vrste osvjetljenja: prema van, prema unutra i os prema dolje. Svjetlo prema van (eng. outward) je slično točkastom svjetlu jer je jedno točkasto svjetlo raspršeno prema van i zadržano unutar volumena. Prema unutra (eng. inward) je obrnuto, što znači da je svjetlo jednoliko raspršeno izvana prema jednoj točki unutar volumena. Os prema dolje (eng. down axis) se ponaša na sličan način kao i usmjereno svjetlo, ali se svjetlo zadržava unutar volumena.

## **Ambijentalno svjetlo**

Ambijentalno svjetlo je indirektno svjetlo koje se reflektiralo ili je prošlo kroz objekt. Ono osvjetljava dijelove sobe na koje nije direktno utjecalo svjetlo. Kada se reflektira od objekata, ambijentalno svjetlo poprima neke njihove značajke. U 3D modelerima ovo svjetlo ne reagira na taj način pa se zato rijetko koristi. Ambijentalno svjetlo dodaje istu boju i intenzitet svim objektima i to sa svih strana objekta, što nije realistično i inače samo osiromašuje detalje u sceni. U nekim realističnim renderima, ovaj izvor se gotovo nikada ne koristi, ali se koristi u renderima u području crtanog filma.

## **3.4 Iscrtavanje**

### ***Ray tracing* iscrtavanje**

*Ray tracing* (praćenje zraka svjetlosti) je algoritam koji je danas jako raširen u računalnoj grafici i ne koristi se za iscrtavanje u realnom vremenu, već za foto realistično iscrtavanje. *Ray tracing* algoritam izračunava kojom bojom će se prikazati određeni piksel, tako da odašilje zrake svjetlosti iz kamere u scenu i promatra koji objekti su osvjetljeni s tim zrakama i što se događa s njima kada putuju kroz prazan prostor.<sup>7</sup> Kada se objekt osvjetli, njegova boja se izračuna pomoću materijala ili teksture koja mu je dodijeljena i pomoću količine boje svjetlosti koja dosegne objekt. Postoji mogućnost odašiljanja i sekundarnih zraka svjetlosti, ovisno o tome postoji li odbljesak ili prijelom svjetlosti u definiciji materijala. Zrake koje su odašiljane iz kamere ili točke gledišta se koriste za izračunavanje sjena, tako da se provjerava postoji li objekt između izvora svjetlosti i točke koja se iscrtava, koji ometa svjetlo.

---

<sup>7</sup> Bernik A., Blažuc G. *Tehnike renderiranja i računalnog osvjetljenja*. // Tehnički glasnik 7, 3(2013), str. 273-282.

Ova metoda se može zvati i obrnuto praćenje zraka svjetlosti (eng. backwards ray tracing) budući da se zrake šalju iz kamere u scenu, što je obrnuto od stvarnog svijeta gdje zrake svjetlosti izlaze iz izvora svjetlosti. Razlog zašto se ne koristi fizički ispravna metoda *ray tracinga* je taj što bi bilo potrebno puno više odbljesaka zraka da bi one došle do kamere iz izvora svjetlosti te čak 99% ovih zraka ne bi nikada stiglo do kamere. Uvjerljivo i fizički točno osvjetljenje i mogućnost praćenja sekundarnih zraka svjetlosti koje se pojave u kontaktu s objektom, glavne se prednosti ove foto realistične metode iscrtavanja. *Ray tracing* dominira u *enginima* za iscrtavanje kada su kvaliteta i realizam na prvom mjestu te među njih pripada i *mental ray*.

### ***Mental ray* iscrtavanje**

*Mental ray* je *engine* za iscrtavanje koji se koristi za visoko-kvalitetne i realistične slike. Zajedno s fizički točnim simulacijama svjetla koje se mogu podešavati do najmanjih detalja, moguće je postići bilo koji svjetlosni efekt.<sup>8</sup> Razlog popularnosti ovog *engina* je u postavkama koje omogućavaju da se iscrtavanje odvija bez potrebe za skupim računalom i mogu ga koristiti obični korisnici isto kao i oni napredni. To se postiže s naprednim tehnikama ubrzanja i uzorkovanja. Danas se on koristi u svim industrijama koje koriste računalnu grafiku, od vizualnih efekata u filmovima, kao što su, *Matrix*, *Hulk*, *Spiderman 3*, video igara, arhitektonskih dizajnova, prototipa automobila, do iscrtavanja u CAD (*Computer Aided Design*) aplikacijama gdje služi kao podrška za NURBS površine<sup>9</sup>.

### ***V-ray* iscrtavanje**

*V-ray* je najveći suparnik *mental ray*a jer je dostupan kao *plug-in* mnoštvu aplikacija kao što su *3DS Max* i *Maya*. *V-ray* je *engine* za iscrtavanje koji se bazira na *ray tracing* algoritmu i koristi se za dobivanje kvalitetnih i foto realističnih slika. *V-ray* se prilagođava svim aplikacijama u kojima se koristi kao *plug-in*, ali glavne funkcije ostaju iste. *V-ray* emulira funkcionalnosti materijala i *shadera* pomoću svojih *plug-inova*, što znači da rezultati mogu biti drugačiji u drugim aplikacijama. Što se tiče glavnih značajki *v-ray*a, one su iste kao kod *mental ray*a što znači da ima opciju za: globalno osvjetljenje, osvjetljenje HDR slike, *v-ray* sunce i nebo.

---

<sup>8</sup> Bernik A., Blažuc G. *Tehnike renderiranja i računalnog osvjetljenja*. // Tehnički glasnik 7, 3(2013), str. 273-282.

<sup>9</sup> NURBS (*Non-Uniform Rational Bézier Splines*) su modeli koji imaju glatke interpretacije površina umjesto tradicionalnih stranica.

## 4. Vrste 3D modeliranja

3D modeliranje je korištenje računala za stvaranje slika i grafike koje izgledaju kao da imaju tri dimenzije.<sup>10</sup> Temeljni proces uključuje spajanje spojeva vrhova i bridova, zakrivljenih površina i druge geometrijske podatke koji stvaraju žičane (eng. wireframe) modele. Jedna od najosnovnijih karakteristika koje imaju profesionalni 3D dizajneri je kreativnost. Isto kao i crtanje i animacija, 3D modeliranje zahtijeva puno mašte i inovacije, kako bi se stvorili likovi i svjetovi koji će se isticati u mnoštvu drugih. Da bi završni proizvod bio ispoliran i profesionalnog izgleda, potrebno je biti precizan u detaljima.

### Poligonalno modeliranje

Modeli se predstavljaju nizom poligonalnih površina. Temeljna sastavnica ovog modeliranja je vrh stranice unutar 3D prostora (eng. vertex). Dva povezana vrha tvore brid (eng. edge), dok tri točke generiraju trokut koji je ujedno i najjednostavniji poligon. Trostrani i četverostrani poligoni najčešći su elementi poligonalnog modeliranja, iako bi se trebalo izbjegavati korištenje trokuta. Grupa poligona povezanih zajedničkim rubnim točkama nazivaju se model (eng. mesh).<sup>11</sup>

### NURBS modeliranje

NURBS je tehnika koja se koristi za samohodno i industrijsko modeliranje. Ovi modeli nemaju stranice, rubove ni rubne točke, već glatke interpretacije površina. NURBS (*Non-Uniform Rational Bézier Splines*) je matematički izraz koji 3D modele prikazuje pomoću krivulja i površina.<sup>12</sup> Iz toga proizlaze glatke površine bez nazubljenih bridova. Krivulje se crtaju u 3D prostoru i pomiču pomoću kontrolnih točaka na početku i na kraju krivulje, te softver sam popuni prostor između njih. Ako se dodaju novi vrhovi u krivulju, dobiju se nove točke za manipulaciju kako bi se dodatno zakrivio model do željenog oblika.

### Modeliranje razdjeljivanjem

Modeliranje razdjelnih ploha (eng. subdivision modeling) predstavlja spoj NURBS-a i poligonalnog modeliranja. Modeliranje najčešće počinje kao poligonalno, a zatim se koristi

---

<sup>10</sup> 3D Game Modeling: Beginners Guide. *GameDesigning*. URL: <https://www.gamedesigning.org/learn/3d-modeling/>, (26.5.2018.)

<sup>11</sup> Bernik, A. *Vrste i tehnike 3D modeliranja*. // Tehnički glasnik 4, 1-2(2010), str 45-47.

<sup>12</sup> isto



matematika NURBS-a kako bi se zagladili grubi rubovi modela.<sup>13</sup> Početni model mora biti niske rezolucije, većinom neki od primitiva, te se njegov oblik modelira i onda se koristi razdjeljivanje ploha za zaglađivanje oštih rubova modela i dodavanje detalja. Sheme prerade razdjelnih ploha (pomoću NURBS-a), mogu se uglavnom podijeliti u dvije kategorije: aproksimiranje i interpoliranje. Interpolacijske sheme odgovaraju izvornom položaju vrhova u početnoj mreži, dok aproksimirajuće sheme ne odgovaraju izvornom obliku, već prilagođavaju pozicije vrhova prema potrebi. Ovo modeliranje se uglavnom koristi na filmu i video igrima.

### **Modeliranje rubova/obrisa**

Modeliranje rubova je još jedna poligonalna tehnika, ali umjesto da se počinje s primitivnim oblikom i njegovim zaglađivanjem, model se radi dio po dio, tako da se spajaju neprekinute stranice modela po odgovarajućim obrisima i onda se popunjavaju praznine između njih. Iako ovo zvuči komplicirano, neki se modeli moraju izraditi na ovaj način, kao npr. ljudsko lice, koje zahtijeva veliku preciznost koju pruža ova vrsta modeliranja. Lakše je prvo napraviti obris očiju, usta, obrva, nosa i vilice i onda oko toga spojiti sve poligone koji se zapravo sami spoje.

### **Digitalno modeliranje**

Digitalno modeliranje omogućava dizajnerima da se oslobode ograničenja topologije i bridova i intuitivno naprave 3D modele, kao da modeliraju digitalnu glinu. Modeli se kreiraju organski, koristeći tablet kako bi se uobličio i formirao model gotovo isto kako bi umjetnik koristio alate na pravom komadu gline. Zbog ovog načina modeliranja, moguće je raditi s modelima visoke rezolucije na brži i efikasniji način, s nevjerojatno prirodnim i realnim rezultatima, naročito ako se radi o modelima likova i kultura.

### **Proceduralno modeliranje**

Proceduralno modeliranje podrazumijeva stvaranje scena ili objekata pomoću korisnički određenih pravila ili parametara. U popularnim paketima za modeliranje okoliša mogu se generirati cijeli pejzaži uz modificiranje i namještanje parametara okoliša – kao što su gustoća zelenila, odignutost podloge, ili čak biranje raznih pejzaža, primjerice pustinja, planine, obala mora i sl. Proceduralno modeliranje se često koristi za organske konstrukcije kao što su drveća i zelenilo, gdje postoji bezbroj varijacija i kompleksnosti koje bi bilo nemoguće replicirati

---

<sup>13</sup> Bernik, A. *Vrste i tehnike 3D modeliranja*. // Tehnički glasnik 4, 1-2(2010), str 45-47.

ručnim modeliranjem. Aplikacija *SpeedTree*<sup>14</sup> koristi rekurzivni/fraktalno temeljeni algoritam za generiranje unikatnih drveća i grmlja čiji se parametri mogu dodatno ručno modificirati – visina debla, gustoća grana, kut, zaobljenost i još mnogi drugi. *CityEngine*<sup>15</sup> koristi slične tehnike kako bi generirao proceduralne panorame grada.

### **Modeliranje zasnovano na slikama**

Modeliranje zasnovano na slikama je proces u kojem se promjenjivi 3D objekti izvlače iz sklopa statičnih dvodimenzionalnih slika pomoću algoritama.<sup>16</sup> To se često koristi u situacijama kada vrijeme ili dozvoljeni budžet ne omogućavaju stvaranje 3D sredstava ili modela (eng. asset) ručnim načinom. Možda najpoznatiji primjer je film *Matrix*, u kojem tim nije imao ni vremena ni resursa za modeliranje cjelokupnih 3D setova. Zato su snimali akcijske scene s kamerom od 360° i onda koristili algoritam koji omogućava virtualno 3D kretanje kamere kroz tradicionalne setove.

### **3D skeniranje**

3D skeniranje je metoda digitaliziranja stvarnih objekata kada je potrebna gotovo savršena razina foto realističnosti. Stvarni objekt (ili čak glumci) se skeniraju, analiziraju i *x,y,z* koordinatne osi se koriste za generiranje točnog poligonalnog ili NURBS modela. Skeniranje se koristi kada je potrebna digitalna reprezentacija stvarnog glumca, kao u filmu *Neobična priča o Benjaminu Buttonu* gdje je Brad Pitt, koji glumi naslovnog lika, stario unazad tijekom cijelog filma.

---

<sup>14</sup> *SpeedTree*. URL: <https://store.speedtree.com/>, (30.6.2018.)

<sup>15</sup> *Esri CityEngine*. URL: <http://www.esri.com/software/cityengine>, (30.6.2018.)

<sup>16</sup> Slick, J. 7 Common Modeling Techniques for Film and Games: An Introduction to 3D Modeling Techniques. Listopad 2017. *Lifewire*. URL: <https://www.lifewire.com/common-modeling-techniques-for-film-1953>, (26.5.2018.)

## 5. Prikaz stvarnog razvojnog procesa u industriji video igara

Postoji nekoliko uloga unutar industrije koja stvara umjetnost. Svaka uloga je bitan dio u stvaranju umjetnosti za video igre (eng. video game art). „Vizualni stručnjaci koji rade na video igrama moraju koristiti iste dizajnerske principe koje koriste i drugi stručnjaci. Ovo pridodaje estetskoj vrijednosti umjetnosti koja je napravljena za video igru. Što je veće razumijevanje tih tehnika, to je veća vjerojatnost da će igre pružiti jedinstveno iskustvo.“<sup>17</sup> U radu je već spomenuto da se koristi naziv „dizajner“ za osobu koja izrađuje 3D modele, no u industriji video igara „dizajneri“ imaju potpuno drugačiji opis posla, tako da se u ovom dijelu taj naziv zamjenjuje s nazivom modeler radi boljeg snalaženja. Modeler za video igre izrađuje 3D modele, dok dizajner smješta gotove modele u prostor tj. nivoe video igre. Jako često se koristi izraz „asset“ koji zapravo predstavlja svaki pojedini model koji je neki modeler napravio i kojeg posebno obrađuje svaki odjel. Gotovo svaka velika igra koja je izašla nedavno, radi se u 3D tehnici ili koristi veliki broj 3D sredstava. „Svaka video igra je veoma kompleksan paket. Mora biti napravljena priča, nadodana glazba i zvuk i vizualni aspekt mora biti dizajniran i integriran. Čak i kada se sve ovo ignorira, samo razvijanje vizualnih značajki je velik posao.“<sup>18</sup> Slijede sve uloge i potrebni elementi koji su povezani s umjetnosti u video igrama.

### 5.1 Uloge

#### Voda projekta

Voda projekta (eng. art director) je osoba koja nadgleda napredak drugih vizualnih stručnjaka kako bi osigurali da je vizualni identitet igre ispravan i kohezivan. Oni upravljaju svojim timom stručnjaka i dijele projekte. Također, često rade s ostalim odjelima koji sudjeluju u razvoju igre i angažirani su od početka do završetka igre.

#### Konceptni stručnjaci

Konceptni stručnjaci (eng. concept artists) rade s dizajnerima igre, izrađujući skice likova i okoliša, toka priče te oni utječu na cjelokupan izgled igre. Njihov posao je da prate viziju vođe projekta. Njihovi radovi mogu biti na tradicionalnim medijima kao npr. crteži ili glineni modeli, ili u 2D softveru poput Photoshopa. Konceptni radovi se rade na početku produkcije i služe kao vodič ostatku odjela. Također se koristi za demonstraciju voditelju

---

<sup>17</sup> Game art design. Svibanj 2018. *Wikipedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Game\\_art\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Game_art_design), (26.5.2018.)

<sup>18</sup> Dey, A. What are the common types of Game Assets? Rujan 2014. *Openxcell*. URL: <https://www.openxcell.com/common-types-game-assets>, (26.5.2018.)

projekta, producentima i financijerima. *Storyboarder* je konceptni stručnjak koji dizajnira i postavlja scene kako bi se one mogle pregledati prije glavne produkcije.

### **Stručnjaci za tok priče**

Stručnjaci za tok priče (eng. storyboard artists) često rade s konceptnim stručnjacima i dizajnerima igre od početka produkcije. Oni stvaraju međuscene za igru i kreiraju okosnicu koju slijede ostali vizualni stručnjaci. Ponekad se njihov rad prosljeđuje drugim odjelima, poput pisaca i programera, kao osnova za njihov rad. Tokovi priče koji se stvore služe kao opis scena i načina na koji će se kamera kretati.

### **Stručnjaci za teksture/2D vizualni stručnjaci**

2D stručnjaci (eng. 2D artists) dodaju teksturu na objekte koje su napravili 3D modeleri, a često se radi o istim osobama. Oni daju dubinu umjetnosti u video igri. Stručnjaci koriste osjenčavanje, gradijente i druge klasične tehnike pomoću aplikacija za manipuliranje slikama. Stručnjaci za teksture izrađuju teksture ili omotače i stavljaju ih na 3D modele. Stručnjak za preslikavanje (eng. map artist) ili modeler pozadina stvara statična umjetnička sredstva (eng. art assets) za nivoe u igri i mape, kao što su pozadinske slike ili terenske slike za 2D igre. Stručnjaci za sučelja (eng. interface artists) rade s programerom sučelja i dizajnerom da naprave sučelje u igri, kao izbornike i HUD-ove<sup>19</sup>.

### **3D modeleri**

3D modeleri koriste digitalne aplikacije (*Maya*, *3DS Max*, *Blender*) za stvaranje likova i okoliša. Kreiraju objekte poput zgrada, oružja, vozila i likova. Svaki 3D sastavni dio igre su napravili modeleri.

### **Stručnjaci za okoliš**

Stručnjaci za okoliš (eng. environmental artists) su 3D modeleri koji se fokusiraju na izradu okoliša igre. Oni rade s teksturama i bojama, kreiraju svijet, izgled i tlocrt terena.

### **Stručnjaci osvjetljenja**

Stručnjaci osvjetljenja (eng. lighting artists) rade na dinamici osvjetljenja video igre. Oni namještaju boju i svjetlinu kako bi napravili točan ugođaj u igri – onaj koji odgovara trenutnoj sceni i cjelokupnoj igri.

---

<sup>19</sup> HUD (*Head-up display*) su informacije koje su na ekranu prikazane igraču tokom igranja igre.

## **Animatori**

Animatori su odgovorni da likovi, okoliš i sve što se kreće, izgleda živo u igri. Oni koriste 3D aplikacije za animaciju tih dijelova s ciljem da igra izgleda što je moguće realnije. Često rade s tehničkim stručnjacima koji im pomažu da se likovi kreću na realističan način.

## **Dizajneri nivoa**

Dizajn nivoa (eng. level art) je jako važan dio dizajna igre. Jako je lako pomiješati dizajn nivoa s okolišem jer se oni preklapaju u nekim aspektima. Međutim, stručnjaci za dizajn nivoa rade s ostalim vizualnim stručnjacima kako bi odlučili gdje će se staviti neko 3D sredstvo u okoliš, pazeći da se ne prekrše zakoni fizike i da to bude smisleno za igrivost.

## **Dizajneri okoliša**

Skladno dizajniran okoliš može pridonijeti nevjerovatno stvarnom iskustvu igranja. Jednostavni, statični okoliši su bili norma do nedavno, ali danas, okoliši u igri su produžetak same igre, naročito ako se oni neprestano mijenjaju.

## **Dizajneri likova**

Dizajn likova je vrlo bitan. Međutim, lik ne mora biti nevjerovatno realističan da bude privlačan – čak i jednostavni likovi kao oni u *Super Mario Brothers* serijalu su pamtljivi i privlačni.<sup>20</sup>

## **Dizajneri rekvizita i ostalih objekata**

Rekviziti su neživi elementi igre koji poboljšavaju ili mijenjaju igrivost. Ovo uključuje stvari poput bačve preko koje igrač skače, zastava koju igrač mora dotaknuti na kraju utrke ili prepreke koje sputavaju dva borca da izađu iz ringa. Jedan dio gdje je tehnologija napravila velik pomak u igrama su vozila. Automobil je u počecima igre imao mogućnost izmaknuti se naprijed-nazad kako bi izbjegao nadolazeći promet, ali igrači nisu imali osjećaj stvarne vožnje automobila. Današnje igre su toliko realistične da su uistinu dosegnule status simulacije vožnje jer su dizajneri uspjeli napraviti vozila koja se ponašaju kao stvarna vozila. Oružja su bila dio igara od početka. Ona su se dramatično promijenila jer se u današnjim igrama može vidjeti i osjetiti razlika između primjerice, pištolja, puške i bacača plamena te su oni različito dizajnirani i vide se na liku kada su spremljeni ili kada se koriste.

---

<sup>20</sup> Dey, A. What are the common types of Game Assets? Rujan 2014. *Openxcell*. URL: <https://www.openxcell.com/common-types-game-assets>, (26.5.2018.)

## 6. Elementi 3D modeliranja u igrama

Igre su veoma jedinstven medij općenito, i kao oblik umjetnosti, jer su različite od drugih oblika izražavanja po tome što su interaktivne.<sup>21</sup> Ovo znači da, neovisno o tome koliko vremena je provedeno planirajući, nikada se neće moći predvidjeti svaka moguća akcija koju će igrač napraviti u nekom trenutku. Zbog ovoga, igre se pokreću na *enginu* za igre koji uzima akciju igrača i prikazuje rezultat koristeći iscrtavanje u stvarnom vremenu kako bi stvorio 3D grafiku koja se vidi tijekom igranja. Iscrtavanje u stvarnom vremenu je proces u kojem računalni sustav stvara slike ili ishode neke akcije za gledatelja ili igrača dok se one izvršavaju.<sup>22</sup> Filmovi, serije i nepokretne slike se iscrtavaju prije gledanja, tako da gledatelji imaju točno onakvu sliku ili iskustvo koje je kreator zamislio. Budući da ovi mediji ne koriste iscrtavanje u stvarnom vremenu, kreator scenu može napraviti koliko god želi kompleksnom. Kako se tehnologija razvija, granica između visoko kvalitetnih igara i filmova postaje sve tanja, no s druge strane postoji veliko tržište kao npr. tableti, pametni telefoni i ručne konzole koje imaju velika ograničenja u performansama. Kada se izrađuju 3D elementi za igre, važno je razumjeti koja su to ograničenja i kako raditi s njima da bi se stvorili visoko kvalitetna i iskoristiva sredstva za igru. Iako ta ograničenja nisu tako velika danas kako su bila prije, razumijevanje onoga što su one i način na koji funkcioniraju, može pomoći u efikasnijem radu s *enginom* za igru i omogućiti stvoriti iskoristiva sredstva.

### 6.1 Izrada modela

Prva faza kroz koju prolaze 3D sredstva, nakon što su se konceptne skice finalizirale, je faza modeliranja. Proces modeliranja u igrama je veoma sličan procesu modeliranja u ostalim medijima, ali najvažnija stvar je broj poligona modela i izrada poligona samo u obliku trokuta i četverokuta.<sup>23</sup> Broj poligona modela je ukupan broj trokutastih poligona koji su potrebni da se lista model u 3D prostoru. Što je veći broj poligona, to je dulje vrijeme iscrtavanja. Na vrijeme iscrtavanja mogu utjecati mnogi čimbenici i nije uvijek točno da se modeli s malim brojem poligona brže iscrtavaju (ovisi koja se vrsta svjetla koristi, koliko ih ima, kakva je tekstura od koje se odbija svjetlo itd.).

---

<sup>21</sup> Silverman, D. 3D Primer for Game Developers: An Overview of 3D Modeling in Games. *EnvatoTuts+*. URL: <https://gamedevelopment.tutsplus.com/articles/3d-primer-for-game-developers-an-overview-of-3d-modeling-in-games--gamedev-5704>, (26.5.2018.)

<sup>22</sup> isto

<sup>23</sup> isto

## Siluate

Prva metoda koja je bitna za održavanje niskog broja poligona je fokusiranje na siluetu (obris) modela. Kada se rade 3D modeli za igre bitno je shvatiti važnost detalja koji mogu pomoći igraču da identificira ili razumije neki objekt. Ako se na slici 1 pogleda obris kamere, može se lako vidjeti koji su detalji bitni, oblik svjetla koji izlazi iz leće, duljina i veličina leće u odnosu na kameru, način na koji tražilo viri iz stražnje strane i sl. Ovi detalji su bitni jer omogućavaju promatraču da odmah uoči što je taj objekt, ili kako je on napravljen, jer to nisu detalji koji ne pridonose glavnom obliku objekta ili silueti objekta.



Slika 1: Obris kamere<sup>24</sup>

Ako se na slici 2 pogleda originalna slika, može se vidjeti da postoji mnoštvo malih detalja koji se čine očiti i bitni, ali nemaju nikakav utjecaj na model ili mogućnost da ga igrač identificira te su zato nebitni za fazu modeliranja. Ovo uključuje: rebra koja se protežu oko leće za izoštravanje fokusa, gumb i prekidače na kameri i pretinac sa strane koji u sebi sadrži utore za USB i SD karticu.



Slika 2: Kamera<sup>25</sup>

---

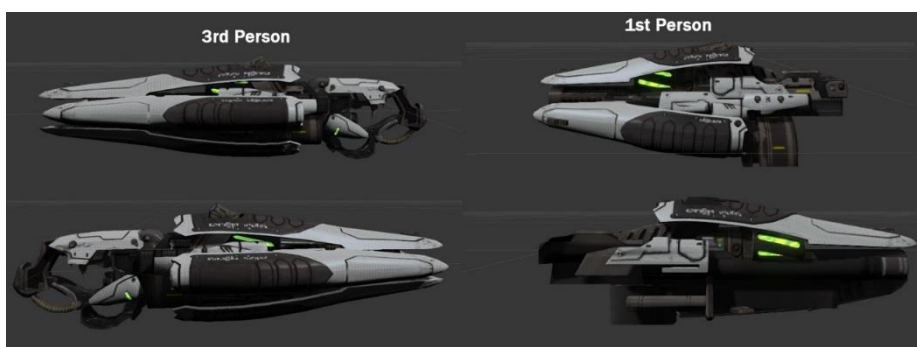
<sup>24</sup> [https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D\\_Primer\\_For\\_Game\\_Developers\\_fullsize\\_CameraSilhouette.jpg?\\_ga=2.106561283.1095794776.1527692907-2141665779.1525269845](https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D_Primer_For_Game_Developers_fullsize_CameraSilhouette.jpg?_ga=2.106561283.1095794776.1527692907-2141665779.1525269845) (Pristupljeno: 28.5.2018.)

<sup>25</sup> [https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D\\_Primer\\_For\\_Game\\_Developers\\_fullsize\\_Camera.jpg?\\_ga=2.79935255.1095794776.1527692907-2141665779.1525269845](https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D_Primer_For_Game_Developers_fullsize_Camera.jpg?_ga=2.79935255.1095794776.1527692907-2141665779.1525269845) (Pristupljeno: 28.5.2018.)

Kada se izrađuju modeli za bilo kakvu produkciju, bitno je primijetiti koje značajke moraju biti na modelu i koje mogu biti samo na teksturi, ali u igrama se mora osigurati da ne postoji uzaludan prostor na modelu i da svaki postojeći poligon ima svrhu.

### Nevidljivi poligoni

Još jedan način na koji se broj poligona može smanjiti, je uklanjanje nevidljivih poligona s modela. Postoje neki scenariji gdje je nemoguće da igrač vidi neke dijelove ili strane modela zbog načina na koji se model koristi u igri. Budući da igrač nikada neće vidjeti te dijelove, nema smisla utrošiti poligone na njih. Konkretni primjer su puške u pucačinama iz prvog lica. U većini tih igara, *engine* koristi model s visokim brojem detalja puške za pogled iz prvog lica, a kada ih igrač gleda u rukama neprijatelja iz daljine, koristi se model male rezolucije. Ovo se radi jer je model za pogled iz prvog lica ispred igrača dulji vremenski period i zato mora izgledati što je detaljnije moguće. Kako bi to funkcioniralo još efikasnije, modeleri će često maknuti dijelove puške koji su zasjenjeni ili s donje strane ekrana gdje ih igrač ne vidi, jer im to omogućava da ostatak puške izgleda još kvalitetnije. Na slici 3 se može uočiti da puška koju se gleda iz trećeg lica (nalijevo), ima dijelove koje puška iz prvog lica (nadesno), nema.



Slika 3: Pogled iz 3. i 1. lica<sup>26</sup>

Budući da igrač nikada ne bi vidio te dijelove zbog kuta pod kojim se drži i animira puška u prvom licu, oni su se uklonili u završnoj verziji. Koliko god uklanjanje nevidljivih poligona može biti korisno kod pridržavanja određenog broja poligona, također se mora biti jako oprezan jer to može dovesti do neželjenih problema kasnije. Na primjer, ako je igra bazirana na fizici i igrač može podizati i micati koji god objekt poželi, ne može se biti siguran koje stranice poligona smiju biti uklonjene jer bi igrač s lakoćom mogao staviti objekt u poziciju koja je

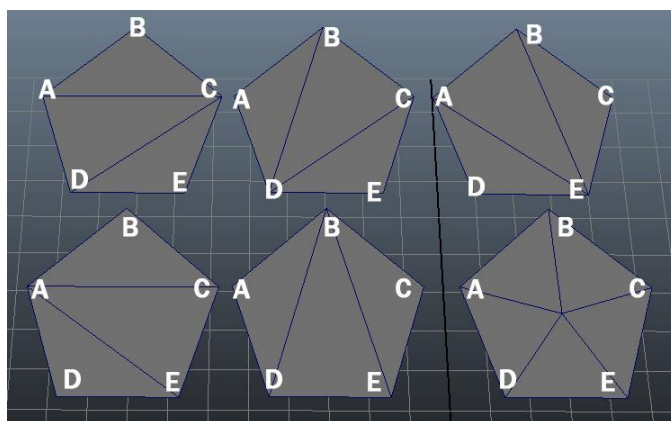
<sup>26</sup> [https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D\\_Primer\\_For\\_Game\\_Developers\\_fullsize\\_ModelComparison.jpg?\\_ga=2.42180133.1095794776.1527692907-2141665779.1525269845](https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D_Primer_For_Game_Developers_fullsize_ModelComparison.jpg?_ga=2.42180133.1095794776.1527692907-2141665779.1525269845) (Pristupljeno: 28.5.2018.)



neočekivana. Slično tome, ako postoji neki objekt kao drvo ili bačva koji se mogu koristiti u puno različitih mjesta, najbolje je ostaviti ih s potpunim stranicama jer i oni mogu završiti u mnoštvu različitih pozicija i kutova, ovisno o tome kako je nivo dizajniran. Najvažnije je razmisliti o scenarijima u kojima će se neki objekti koristiti i ne pretjerivati u nastojanju smanjivanja što većeg broja poligona.

### Trokuti i četverokuti

Još jedna bitna stvar je izrada poligona u obliku trokuta i četverokuta. Kada se model unese u *engine* za igru, ili izveze iz 3D aplikacije u kojoj je napravljen, svaki poligon u modelu će se triangulirati (pretvoriti u dva ili više trokuta) za lakši izračun kod iscrtavanja. *Engine* ovo radi tako da stvori nove rubove s kojima spoji postojeće vrhove na modelu. Triangulacija poligona je jednostavan proces, ali što više strana neki poligon ima, to je više načina na koje se može triangulirati. Ovo je važno jer način na koji je poligon trianguliran može završiti puno kompleksnije nego što je potrebno. Ako je model već trianguliran, onda sustav neće trebati ništa napraviti i modeler će imati više kontrole nad izgledom završnog modela. U slučaju da je model napravljen isključivo od četverokuta, to također neće biti nikakav problem jer se četverokuti mogu triangulirati samo na dva načina (po dijagonalama) i nije toliko bitno koji način se odabere. Kada poligoni imaju više od 4 strane, triangulacija je kompleksnija. Kod pentagona postoje zapravo samo dva načina za korištenje rubova zbog triangulacije, ali problem je da je svaki vrh na poligonu odvojen objekt. To znači da prva metoda triangulacije zapravo predstavlja pet jedinstvenih metoda triangulacije, što znači da se pentagon može triangulirati na šest različitih načina. Problem triangulacije je prikazan na slici 4.



Slika 4: Triangulacija pentagona<sup>27</sup>

<sup>27</sup> [https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D\\_Primer\\_For\\_Game\\_Developers\\_fullsize\\_TriangulatedPents2.jpg?\\_ga=2.109147781.1095794776.1527692907-2141665779.1525269845](https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D_Primer_For_Game_Developers_fullsize_TriangulatedPents2.jpg?_ga=2.109147781.1095794776.1527692907-2141665779.1525269845) (Pristupljeno: 28.5.2018.)

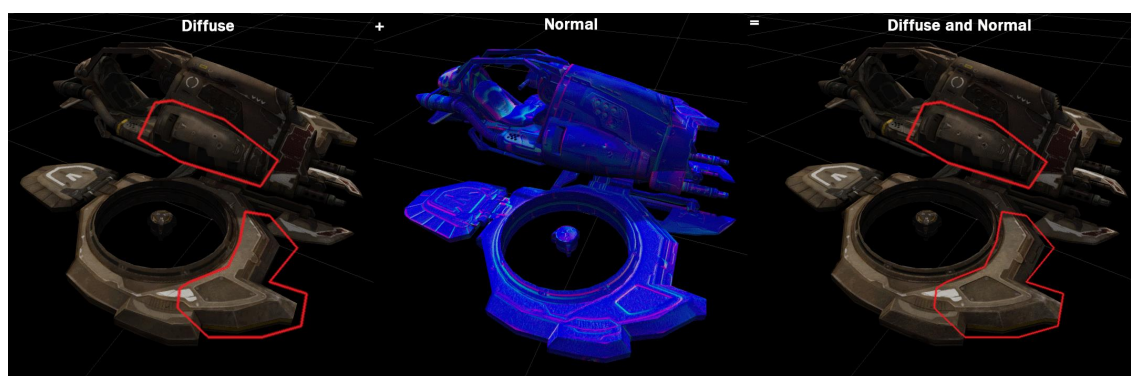
Pravilo da se poligone modelira samo u trokutima i četverokutima ne vrijedi samo za igre, nego je općenito loša praksa imati mnogokute, neovisno o tome što se izrađuje.

### Modeli različitih razina detalja

Izrada LOD (*Level of Detail*) modela se koristi kada se prikazuje nekoliko modela istog objekta koji su različite razine složenosti i koji prikazuju različite inačice modela, ovisno o njegovoj udaljenosti od kamere – što je dalje model, to je manji broj poligona i sustavu će trebati manje vremena za iscrtavanje. Korištenje različitih modela za različite udaljenosti otvara mogućnost istovremenog iscrtavanja više objekata na ekranu i olakšava procesiranje jer računalo ne treba iscrtavati detaljne modele za objekte koji su jedva vidljivi.

## 6.2 Materijali i teksture

Difuzna tekstura predstavlja boje bez neravnina na objektu. Ona je zapravo samo slika koja je omotana oko modela bez ikakve primjene specijalnih efekata. Postoji nekoliko scenarija u kojima se koristi model bez difuzne teksture. Tekstura normala je vrsta teksture koja je plava, roza i zelena i koristi se za dodavanje iluzije većeg broja detalja na modelu.<sup>28</sup> Slična je teksturi neravnina, ali je puno efektivnija. Ako se opet pogleda primjer modela kamere ranije u tekstu, tekstura normala bi se iskoristila tako da pridoda iluziju kako su utori koji obuhvaćaju leću, zapravo na tom modelu, a da nisu samo tekstura. Na slici 5 je prikazan primjer korištenja difuzne zajedno s teksturom normala.



Slika 5: Difuzna tekstura i tekstura normala<sup>29</sup>

<sup>28</sup> Silverman, D. 3D Primer for Game Developers: An Overview of 3D Modeling in Games. *EnvatoTuts+*. URL: <https://gamedevelopment.tutsplus.com/articles/3d-primer-for-game-developers-an-overview-of-3d-modeling-in-games--gamedev-5704>, (26.5.2018.)

<sup>29</sup> [https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D\\_Primer\\_For\\_Game\\_Developers\\_Normals\\_Big.png?\\_ga=2.54235880.1155092182.1527938246-2141665779.1525269845](https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D_Primer_For_Game_Developers_Normals_Big.png?_ga=2.54235880.1155092182.1527938246-2141665779.1525269845) (Pristupljeno: 28.5.2018.)

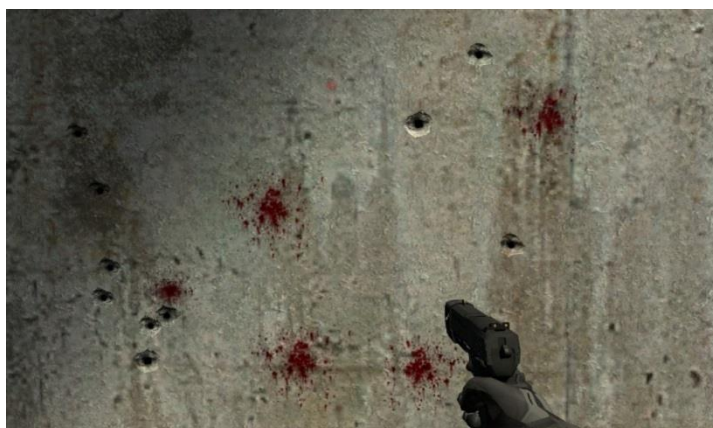
Tekstura normala se koristi na većini objekata jer daje iluziju da objekti na sceni imaju istančanije detalje nego što ih zapravo imaju. Spekularna tekstura se koristi da doda spekularnost ili sjajnost tj. odsjaj objektu. Spekularna tekstura je inače crno-bijela ili siva. Ona se ne koristi uvijek, ali kadgod postoji objekt koji je vrlo sjajan ili reflektivan na nekim mjestima, ali na nekima nije, definitivno se koristi ova mapa jer ona omogućava visoku razinu varijacije u intenzitetu odsjaja na jednom modelu. Alfa ili transparentna (prozirna) tekstura se koristi za dodavanje prozirnosti na dijelove objekta. Kao i spekularne teksture, alfa teksture su crno-bijele ili sive. Ne koriste se uvijek, ali su uobičajene. Najčešći scenariji u kojima se koristi su modeli prozora, kako bi se staklo napravilo prozirnim ili polu-prozirnim ili kada biljka ima veliki broj listova pa se pomoću alfa teksture modeli listova naprave na puno jednostavniji način.

### **Ponavljanje teksture**

Igre vrlo često koriste ponavljajuće ili obložene (eng. tile) teksture ili teksture koje se, kao što ime kaže, mogu ponoviti u jednom ili više smjerova beskonačno puta. To je zato što su objekti kao tlo ili veliki zidovi, komplicirani za obložiti ako se koristi ručno teksturiranje i oduzimalo bi mnogo vremena da se svaki zid na svakom nivou svake igre mora individualno teksturirati. Za rješenje tog problema se koriste ponavljajuće teksture tako da je potrebno napraviti samo jednu teksturu istog tipa za sve zidove. Također postoje slučajevi u kojima stručnjaci stvaraju nekoliko varijacija iste ponavljajuće teksture da ona ne izgleda isto u svim situacijama. Ponekad se mogu napraviti posebne verzije za unikatne slučajeve.

### **Naljepnice**

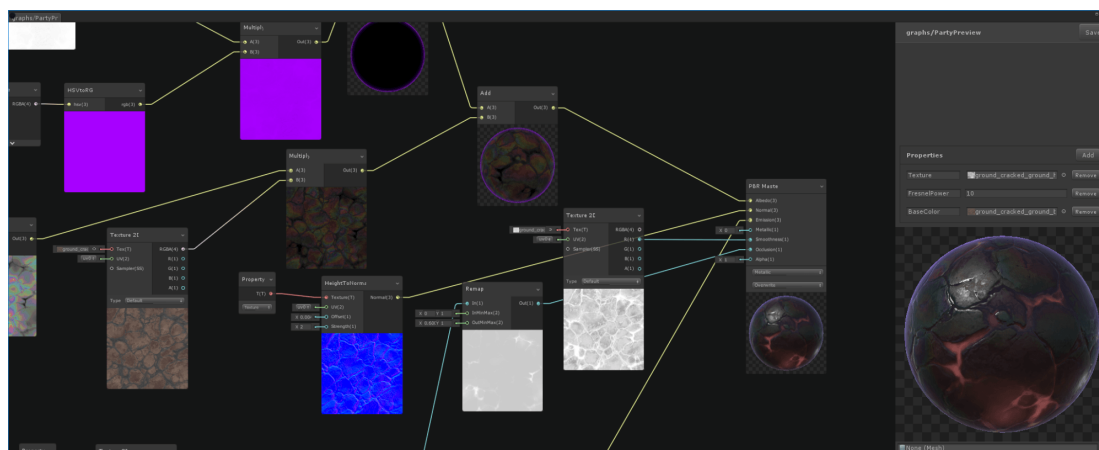
Još jedna od važnijih stvari koju treba spomenuti su naljepnice (eng. decals). Naljepnice su teksture koje se stavljaju na zidove ili objekte za stvaranje dodatnih efekata. Zapravo se ne stvaraju prave rupe, već su te rupe zapravo naljepnica koja se dinamično postavila na teksturu zida, ovisno o tome gdje ga je metak pogodio. Naljepnice se koriste u vrlo različitim situacijama, poput raspršene krvi, lokvama vode u kišnim nivoima ili čak kao grafiti u mračnoj ulici. Ideja je da se naljepnice mogu staviti na većinu površina, isto kao u stvarnom životu, kako bi se dodala varijacija inače monotonom zidu ili podu. Na slici 6 je prikazan primjer u kojem igrač puca po zidu i tako stvara rupe od metaka u tom zidu.



Slika 6: Naljepnica<sup>30</sup>

## Shaderi

Jednom kada se postave sve teksture, treba se napraviti *shader* za igru ili *engine* koji će koristiti te teksture, isto kao što se to treba napraviti u bilo kojoj 3D aplikaciji za modeliranje. Ovaj proces obuhvaća spajanje svih različitih tipova tekstura u jedan „objekt“ koji se naziva *shader* ili materijal, tako da oni mogu raditi zajedno kako bi prikazali željeni izgled modela. *Unity*, *UDK* i *Marmoset Toolbag* su odlični alati s kojima se mogu napraviti *shaderi* i svi su oni *engini* koji se pokreću u stvarnom vremenu, što znači da se istovremeno može vidjeti kako će model i teksture izgledati u završnoj igri. Na slici 7 je prikazan proces izrade *shadera*.



Slika 7: Shader<sup>31</sup>

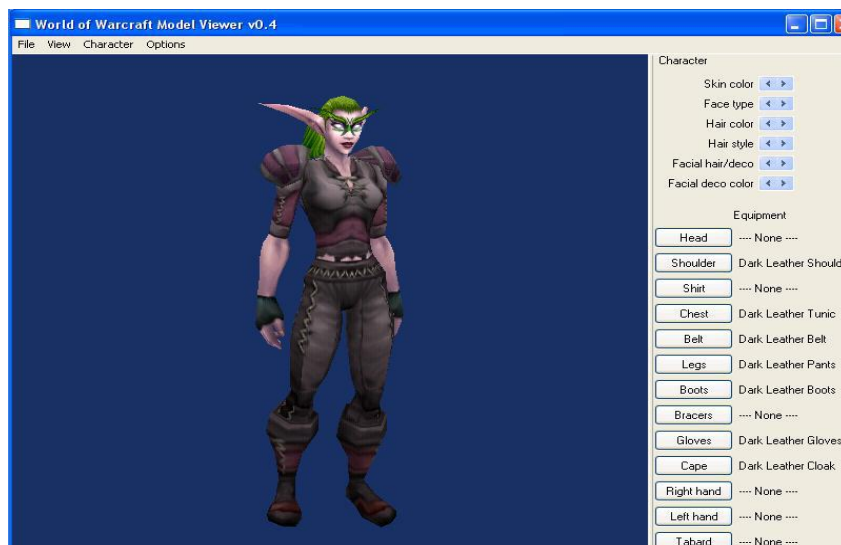
<sup>30</sup> [https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D\\_Primer\\_For\\_Game\\_Developers\\_fullsize\\_Decals-in-Use.jpg?\\_ga=2.132905166.1155092182.1527938246-2141665779.1525269845](https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D_Primer_For_Game_Developers_fullsize_Decals-in-Use.jpg?_ga=2.132905166.1155092182.1527938246-2141665779.1525269845) (Pristupljeno: 30.5.2018.)

<sup>31</sup> <https://blogs.unity3d.com/wp-content/uploads/2018/02/image1-7.png> (Pristupljeno 20.6.2018.)

### 6.3 Animacija u igrama

Zadnji korak u izradi modela je animacija. 3D animacija u igrama je slična animaciji u drugim medijima – kao u većini TV serija i filmova, modeli se mogu namjestiti (eng. rigged) na kosture i animirati s *key-frame* animacijom. Različito od filmova, igre imaju puno veću potrebu za predodređenim animacijama (eng. canned animations) i ponavljajućim animacijama (eng. looping animations). Predodređene animacije predstavljaju određenu akciju ili pokret lika. Cilj je da to bude animacija koja se pokreće pritiskom gumba i koja se ne može zaustaviti ili prekinuti dok ne završi. Na primjer, ako se radi pucačina, treba napraviti animaciju za ponovno punjenje spremnika ili bacanje granate i te animacije se smatraju predodređenim. Iako se animacija za skok stalno ponavlja i može se smatrati ponavljajućom animacijom, također se s druge strane može smatrati i predodređenom animacijom jer nije namijenjena da se stalno ponavlja tijekom korištenja u igri. Ponavljajuća animacija je animacija koja se može ponoviti više puta bez da to igrač primijeti. U ovo pripada ciklus hodanja ili pucanje lika iz puške. One se koriste za akcije koje se mogu ponavljati u beskraj bez stajanja, ili akcije koje će igrač konstantno ponavljati više puta za redom.

Igre također mogu imati načine spajanja više ponavljajućih animacija i/ili predodređenih animacija u jednu zajedničku animaciju. Na primjer, u pucačini u kojoj postoji 12 različitih puški, svaka od tih različitih pušaka ima različitu animaciju pucanja i ponovnog punjenja spremnika i uz te animacije, glavni lik još može imati različite animacije stajanja, hodanja ili trčanja dok puca. Ako se mora napraviti različita verzija svake animacije pucanja iz puške, i to za svako stanje u kojem je glavni lik, trebalo bi se napraviti puno animacija i većinom bi se radilo iste animacije, dok se noge pomiču drugačije. Kako bi se riješio ovaj problem, animatori često animiraju gornji i donji dio tijela odvojeno. Animacije se onda dinamično spajaju u *engine* igre tijekom igranja tako da se standardni ciklus hodanja i pucanja može iskoristiti s bilo kojom kombinacijom animacije pucanja iz puške.



Slika 8: Odabir izgleda lika u igri *World of Warcraft*<sup>32</sup>

Na slici 8 koja je uzeta iz igre *World of Warcraft*, može se vidjeti da igrač ima mogućnost promijeniti koje odjevne predmete ili opremu može staviti na lika u pojedinom utoru (eng. socket) na desno. Igra zapravo spaja modele te opreme koju igrač odabere, s modelom lika, na ispravan dio kostura. Još jedna stvar koju igre rade je da dopuštaju kostima na kosturu da se koriste kao utori. U pucačinama, puške često imaju utore koji se koriste kao točke iz koje se metak ispuca kada igrač puca iz puške. 3D RPG-ovi često koriste utore za oružja i oklop koji igrač nosi. Ovo omogućuje *enginu* igre da dinamično spaja sve predmete koje je igrač opremio na igračev bazni model, umjesto da postoje odvojeni modeli za svaku moguću kombinaciju oružja i oklopa. Utori uvelike olakšavaju posao animatorima jer pomoću njih rade animacije koje se mogu koristiti na kosturu lika ili raznim objektima koje lik koristi. Oba ova sustava nemaju veliki utjecaj na način modeliranja, ali je uvijek poželjno razumjeti kako se sredstva koriste unutar *engina* igre te da ih se može stvarati na što efikasniji način.

## 6.4 Korisni alati

Postoji veliki broj odličnih alata koji se koriste za ubrzavanje procesa kreiranja modela ili za testiranje različitih aspekata modela. U ovom poglavlju će biti opisani neki od njih.

<sup>32</sup> [https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D\\_Primer\\_For\\_Game\\_Developers\\_fullsize\\_WowImage.jpg?\\_ga=2.81368727.1095794776.1527692907-2141665779.1525269845](https://cdn.tutsplus.com/gamedev/authors/michael-james-williams/3D_Primer_For_Game_Developers_fullsize_WowImage.jpg?_ga=2.81368727.1095794776.1527692907-2141665779.1525269845) (Pristupljeno: 30.5.2018.)

## ***Marmoset Toolbag***

*Marmoset* je odličan alat za testiranje 3D modela i tekstura. To je aplikacija za iscertavanje u stvarnom vremenu bez uključenog *engina* za igru. Ovo znači da se može promatrati kako se model iscertava i ponaša u stvarnom vremenu bez potrebe da igra bude uključena u sam proces. *Marmoset* je odličan alat za korištenje ako se izrađuju sredstva za portfolio, kao na primjer rekviziti, a ona se ne namjeravaju staviti u izrađenu igru ili nivo, ili ako se jednostavno želi napraviti brzi test kako bi se provjerilo na koji način funkcionira model ili tekstura.

## **UDK**

*UDK* (Unreal Development Kit) je besplatan 3D *engine* za igru koji se bazira na popularnom *Unreal engineu*. Isto kao i *Marmoset*, ovo je odličan alat ako se želi provjeriti funkcioniranje modela i tekstura u nekoj stvarnoj situaciji. Nadalje, *UDK* je odlična aplikacija za unašanje već napravljenih animacija i u sebi sadrži još mnoštvo alata za dizajn nivoa i općenito cijele igre. *UDK* je odličan izbor za sve koji žele poboljšati svoje 3D vještine učenjem dizajna nivoa ili skriptiranog jezika.

## ***Unity***

*Unity* je aplikacija slična *UDK*-u po tome što on radi i za što ga se koristi. Najveća razlika između *Unityja* i *UDK*-a je ta što se *UDK* primarno koristi za pucačine iz prvog lica, a *Unity* nije predodređen te ga je zato lakše koristiti i za druge tipove igara. Zbog toga razloga, u *Unity* nije uključen veliki broj dodatnih alata kao u *UDK* pa je malo teže napraviti igru koja izgleda dovršeno i koja se može odmah početi igrati.

## ***Filter Forge***

*Filter Forge* je alat koji se može koristiti za stvaranje svih vrsta tekstura i filtera za *Photoshop*. U početku je veliki izazov naučiti ovaj alat, ali rezultati mogu biti nevjerovatni ako se on dobro savlada. Također je odličan za izradu ponavljajućih tekstura. Ovaj alat će biti jednostavniji za korištenje onima koji su prije izrađivali *shadere* ili materijale.

## 7. Upute za kvalitetnu izradu modela

Modeleri znaju da ako žele koristiti već napravljene 3D modele u vlastitim projektima, ti modeli mogu biti spremni za produkciju, ali i potpuno beskorisni. Budući da postoji puno tehnika stvaranja geometrije, također postoji i mnogo načina koji bi mogli stvarati probleme i neučinkovitosti zbog kojih bi takvi modeli postali neupotrebljivi drugim korisnicima tijekom produkcije. Jedna od osnovnih značajki dobre scene je korištenje poligonalnog modela, no problem je odrediti što znači profesionalna kvaliteta. U daljnjem tekstu slijedi opis značajki kvalitetnih modela kojih bi se modeleri trebali pridržavati.

### Stvarni omjer

Treba osigurati da se svaki objekt stvara u ispravnom mjerilu u kojoj je u stvarnom svijetu. Čovjek od 6 stopa bi trebao biti visok 183 cm. Kada se na modelu prepravljaju mjere to je relativno jednostavan i brz proces, no treba naglasiti zašto je to tako bitno. Cijela scena koja može stati u veličinu kutije za cipele, bit će prekomjerno eksponirana ako se koriste standardne vrijednosti osvjetljenja, i to neće biti lagano popraviti stručnjaku za osvjetljenje. Drugi razlog je da stručnjak koji dodaje teksture pomaka na *shader*, mora unijeti točne vrijednosti visine i vektora. Skaliranje (promjena dimenzija) lika neće promijeniti vrijednosti *shadera* koji mu je dodijeljen, nego će se ponovno morati unijeti nove vrijednosti. Ako je lik ili rekvizit već namješten za animiranje, bez kontrola za skaliranje, dolazi do velikog problema. Stalno korištenje stvarnih mjera je najvažnija stavka u modeliranju.

### Veličina poligona/neprekinuti bridovi

S iskustvom dolazi i znanje o tome kako napraviti ispravnu veličinu poligona, ali znanje o tome kako se model razvija u nastavku procesa produkcije, također igra veliku ulogu.<sup>33</sup> Ovo znači da modeler zna što će nakon njega, na njegovom modelu morati napraviti stručnjak za teksture, stručnjak za namještanje kostura i na kraju animator. Razlamanje velikih stranica poligona osigurava da se rubovi *u,v* koordinata (način na koji će se tekstura raširiti po modelu) ne počinju pomicati po modelu kada se razdjele plohe. S druge strane, ako postoji previše neprekinutih bridova (eng. *edge loops*) oni će usporiti namještanje kostura (eng. *rigging*) i animaciju jer se svaki vrh mora iznova izračunati za svaki pokret. To također dovodi do sporijeg vremena iscrtavanja, povećavanje veličine datoteke i vremena učitavanja. Potrebno je naći

---

<sup>33</sup> Rinaldi, D. Modeling quality checklist. *Dante Rinaldi Design*. URL: <https://danterinaldidesign.com/3d-modeling-quality-checklist/>, (26.5.2018.)



dobru ravnotežu između jednostavnih, nebrušenih modela koji bi imali odličan potencijal za deformaciju.

### **Četverokuti**

Kao što je ranije spomenuto u tekstu, stranice poligona bi uvijek trebale imati četiri stranice. Pažljivo korištenje neprekinutih bridova i započinjanje modeliranja s primitivnim oblicima kao običnom kockom ili ravninom (eng. plane), odlična je osnova. Neke 3D aplikacije kao *Cinema 4D*, potiču korištenje *Knife* alata koji reže stranice poligona i odmah stvara trokute i mnogokute. Jako je važno ovo izbjegavati. Za početak, savršeno ravni kut bridova modela nije realističan – razdjeljivanje modela za vrijeme iscrtavanja je odličan način za izbjegavanje izbrušenih rubova, stvaranje nagiba (eng. bevel) za hvatanje svjetla i izbjegavanje izgleda modela s malim brojem poligona. Modeliranje pomoću četverokuta omogućava stvaranje predvidljivih neprekinutih bridova, čiste deformacije, razdjeljivanje bez „zgužvanih“ bridova i bolje modele za kasnije namještanje kostura.

### **Učinkovite $u,v$ koordinate modela**

Nepredvidljive, nasumične ili jednostavno loše  $u,v$  koordinate modela otežavaju posao stručnjacima za teksture koji ih moraju popravljati. Često se  $u,v$  koordinate rade u odjelu za modeliranje što nije idealno, ali je uglavnom potrebno. Nakon modeliranja, model se istovremeno predaje na obradu tekstura i na namještanje kostura i  $u,v$  koordinate se nikada ne smiju stavljati na model nakon namještanja kostura jer će se te koordinate početi nepredvidljivo pomicati po površini. Ključ solidnog  $u,v$ -a je u ravnoteži između ljudski čitljivih „otoka“ (koordinate svih ravnih 2D površina nekog 3D objekta koje se stavljaju jedna pored druge i tako čine „otoke“) i manjka rastezanja ili iskrivljenja  $u,v$  koordinata. Svi „otoci“ koji su na istoj podlozi trebali bi biti međusobno jednakih veličina. Za izradu tekstura u Photoshopu, bitno je spajanje „otoka“.

### **Preklapajući $u,v$ poligoni**

Ovo je jako česta tehnika koja se koristi u procesu razvoja video igara. Ako *shader* koristi teksture pomaka, preklapljeni  $u,v$  poligoni će imati obrnuti učinak na drugu stranu modela i pružat će neočekivane rezultate. U estetskom smislu, preklapljeni  $u,v$  poligoni omogućavaju da model nema realistične i simetrične detalje na svakoj strani, kao što su prašina, prljavština, iznošenost ili općenito detalji, već da se napravi razlika na stranicama. Ako se

planira stvaranje tekstura normala iz osnovne teksture, svaki  $u,v$  poligon mora imati svoj nedijeljeni prostor.

### **Duplicirani poligoni**

Ako se tijekom iscrtavanja pojavljuju mali titraji na ekranu ili ako se na stranici modela vide tanke crne crte, to može značiti da je ta stranica modela duplicirana. Duplicirani poligoni znače da postoje dvije identične stranice poligona, koje su na istom mjestu u sceni i koje predstavljaju istu površinu. Duplikati proizlaze iz lošeg korištenja funkcije *Extrude* (istiskivanje) površina ili od uvoza modela iz neke druge aplikacije.

### **Unutarnji i skriveni poligoni**

U virtualnom svijetu postoji pravilo da ako kamera ne može nešto vidjeti, to ne bi trebalo postojati.<sup>34</sup> Ovo pravilo se odnosi na izgled scene, rekvizite, kao i na poligonalne stranice nekog podobjekta. Iako je istina da će render iscrtavati samo posebna svjetla ili zrake koje se ispuštaju iz kamere, unutarnje ili skrivene poligonalne stranice modela usporavaju produkciju. Te poligonalne stranice treba urediti tijekom stvaranja  $u,v$  koordinatnog sustava mapa. Situacija u kojoj se mogu modelirati i teksturirati poligonalne stranice koje su nevidljive je kada se želi dobiti točan izračun putanje svjetla do najbližeg objekta, naročito kada se koriste *shaderi* s velikim odblijeskom i propusnosti.

### **Odvojeni i izolirani vrhovi**

Uvijek treba provjeravati postoje li vrhovi koji su točno jedan na drugome i nisu spojeni u jedan, kako bi se to moglo ispraviti. Ako se treba postići izgled oštrog ruba, dodavanje još jednog neprekinutog brida ima puno više prednosti. Duplicirani vrhovi usporavaju izračune namještanja kostura i ometaju daljnju uporabu neprekinutih bridova na modelu – jednostavno su neuredni i neefikasni. Izolirani vrhovi se obično pojavljuju kada se brišu bridovi korištenjem tipke „Delete“, što je zapravo vrlo loša praksa. Izolirani vrhovi nisu direktno povezani ni s kojim bridom ili stranicom – oni zapravo lebde u prostoru. Iako oni ne rade velike probleme kao odvojeni vrhovi, izolirani vrhovi mogu usporiti centralno poravnanje osi ili samog objekta.

### **Topologija spremna za namještanje kostura**

Ovo je najbitniji korak za dobre performanse u animaciji likova – dobra veličina poligona: laktova, koljena, ramena i naročito lice lika. Veliku većinu vremena, gledatelji

---

<sup>34</sup> Rinaldi, D. Modeling quality checklist. *Dante Rinaldi Design*. URL: <https://danterinaldidesign.com/3d-modeling-quality-checklist/>, (26.5.2018.)

promatraju lice lika, koje se zato mora napraviti s velikim potencijalom za laku ekspresiju emocija. Ovo uključuje neprekinute bridove za mišiće na licu i više stranica poligona na svim zglobovima. Tok linija poligona trebao bi odgovarati stvarnoj konstrukciji mišića ispod kože. Zbog manjka neprekinutih bridova u jako ekspresivnim dijelovima lica kao što su usta i oči, tekstura i cijeli oblik lica će se jako rastezati i pritom izgledati neprirodno. Iako je inače bolje izbjegavati trokute, ako ih se baš mora negdje staviti, to trebaju biti mjesta koja nisu toliko uočljiva – lubanja (skriveno ispod kose) ili iza ušiju. Stranice poligona bi trebale biti u istom omjeru, što znači da ne smije biti vrlo dugačkih poligona.

### **Ispravno imenovanje objekata**

Uvijek se dugoročno isplati usvajanje navike dobrog imenovanja objekata, materijala i tekstura. Često se zna dogoditi da ljudi koriste tuđe datoteke i ne mogu se snaći jer razni elementi nisu imenovani, što znači da svi primitivi imaju ista imena samo druge brojeve pored imena. Ovaj problem se još više pogoršava ako je scena velika i u njoj postoji veliki broj objekata. U svakom slučaju, više se isplati odmah na početku imenovati sve elemente za kasnije snalaženje. Za imenovanje objekata i materijala, dobro je usvojiti praksu korištenja *camelCasea*. *CamelCase* je praksa pisanja fraza ili imena bez razmaka, gdje je svako početno slovo riječi, osim prvog, napisano velikim slovom.

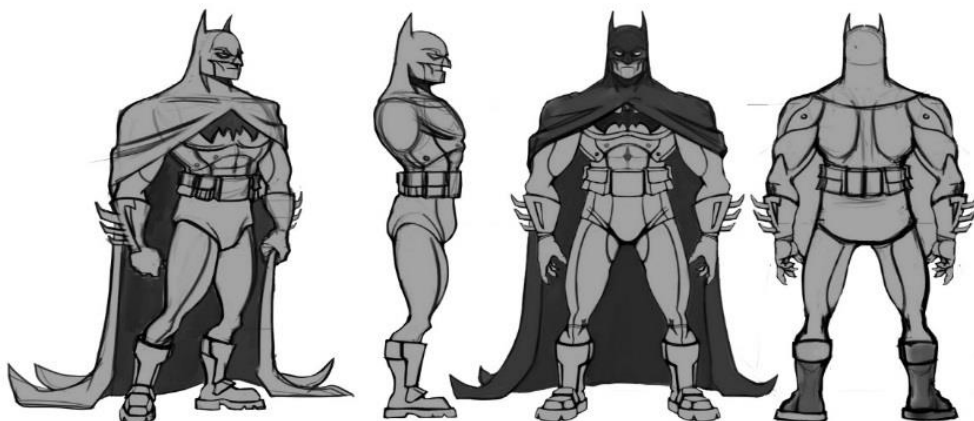
### **Zamrzavanje i centriranje**

Ovo je jednostavan, kratak proces koji štedi puno vremena tijekom izrade. Prije izvoza ili izdavanja modela u druge odjele, treba osigurati da je model centriran u središtu scene i da su mu sve koordinate u nuli. Iznimke ovom pravilu uključuju točno predodređeno postavljanje u eksternu scenu ili referenca objekta koju kamera prati. Zamrzavanje transformacija je neophodno kako ne bi došlo do kasnijih grešaka u animaciji i kako bi se animirani model mogao brzo vratiti u početni položaj, tj. neutralnu pozu.

## 8. Modeliranje lika za video igru

### 8.1 Nacrt za 3D model

„Dok predivne konceptne slike likova dobro funkcioniraju s marketinške perspektive, one nisu korisne iz perspektive 3D modelera. Kada dizajn likova i 3D modela rade različiti ljudi, jedna slika lika u herojskoj pozi ostavlja puno neodgovorenih pitanja o dizajnu.“<sup>35</sup> Modeler treba razumjeti razlog zbog kojeg lik izgleda tako kako izgleda kako ne bi krivo interpretirao, i zbog toga krivo modelirao neke dijelove lika. Nacrt za 3D model (eng. 3D model sheet) je alat koji dizajner lika koristi za efikasno prenašanje svoje vizije modeleru. Nacrt za 3D model prikazuje lika u neutralnoj pozi iz nekoliko kutova. Obično se lik prikazuje sprijeda, straga, i bočno, a mogu postojati i druge informacije na listu. Na primjer, crteži koji naglašavaju određene detalje na liku ili čak fotografije raznih materijala koje bi koristile dizajnu lika i ti detalji se prikazuju na dodatnim slikama. Na slici 9 je prikazan primjer jednog nacrta za 3D model lika.



Slika 9: Nacrt za 3D model<sup>36</sup>

Još jedna stvar koja razlikuje nacrt za 3D model od obične konceptne slike je činjenica da se subjekt prikazuje u ortogonalnoj projekciji, što znači da je svaki dio tijela lika prikazan onako kako bi izgledao bez iskrivljenja pogleda iz perspektive. U slici s ortogonalnom projekcijom svaki dio se prikazuje u pravoj veličini, bez obzira na njihovu udaljenost od gledatelja. Reference se mogu unijeti u 3D aplikaciju za modeliranje i koristiti kao nacrt za modeliranje lika. One jako olakšavaju posao modeleru, naročito ako modeleri nisu upoznati s anatomijom

<sup>35</sup> Preuzeto iz: Heikkilä, E. A Guide to Building a 3D Game Character: Bachelor of Business Administration. Kajaani. Kajaanin Ammattikorkeakoulu University of Applied Sciences, 2017. URL: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/133905/Heikkila\\_Elisabet.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/133905/Heikkila_Elisabet.pdf?sequence=1), (26.5.2018.)

<sup>36</sup> <http://gagodraws.blogspot.com/2011/02/batman-model-sheet-wip.html> (Pristupljeno: 30.5.2018.)

bića kojeg modeliraju. Unesene reference također omogućavaju modeleru da se usredotoči na stvaranje modela s dobrom topologijom, bez brige o tome kako će napraviti dobre proporcije tijela.

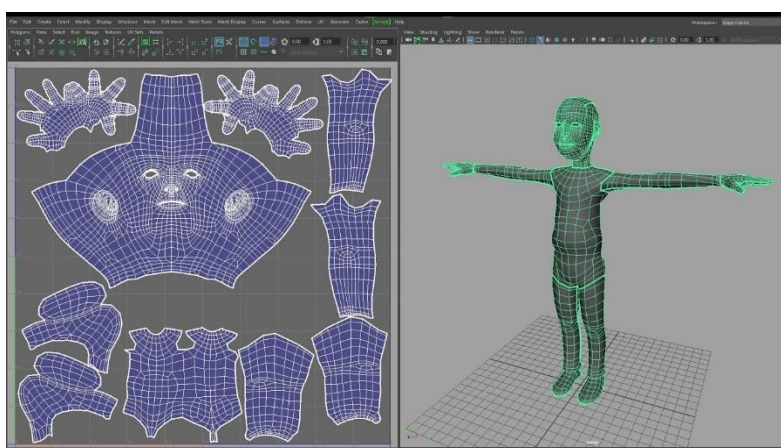
## 8.2 3D modeliranje lika

Nakon što se napravi nacrt za 3D model, slike se mogu unijeti u aplikaciju za modeliranje. Mogu se prikazati kao pozadinske slike preko kojih modeler može započeti oblikovati lika. Oblikovanje modela započinje iz primitivnog oblika, kao što je kocka. Dodavanjem neprekinutih rezova (eng. loop cuts) i pomicanjem vrhova, modeler izrađuje tijelo lika. Udovi se mogu modificirati iz odvojenih cilindara koji se spajaju na tijelo kada su gotovi. Oblikovanje glave može započeti s kockom ili se izrađivati poligon po poligon, prateći referentne slike. Ako je lik ili objekt simetričan, modeler može iskoristiti alate za zrcaljenje kako bi stvorio savršeno simetričan model. Kada je modifikator za zrcaljenje aktivan, svaka promjena koja se napravi na jednoj strani modela, bit će automatski primijenjena na obje strane središnje linije modela. Ovo jako ubrzava proces modeliranja. Jednom kada je simetrična verzija gotova, modifikator za zrcaljenje se može urušiti ili kolapsirati u model (eng. collapse), kako bi se obje strane modela mogle naknadno individualno modificirati ako postoje neki dijelovi koji su asimetrični na modelu. Inače se bilo koji simetrični dijelovi trebaju raditi pomoću modifikatora za zrcaljenje, kako bi se osiguralo da svi budući koraci kao što su teksturiranje i namještanje kostura završe brzo i bez poteškoća.

### Odmatanje $u,v$ koordinata modela i teksturiranje

Likovi za igre se rijetko rade od jednog materijala kao što su staklo ili glina. Kako bi se liku dodala svojstva kao što su koža, odjeća i boja kose, teksturne mape su nužne. Prije nego što se te mape mogu kreirati i primijeniti, modeler mora „odmotati“ (eng. unwrap)  $u,v$  koordinate modela.  $U,v$  ili  $u,v,w$  predstavljaju različite osi u kojima postoji 3D model, što znači da su  $u,v,w$  zapravo  $x,y,z$  osi ali u 2D koordinatnom sustavu. Prvi korak u odmatanju  $u,v$  osi na završnom modelu je postavljanje šavova. Kao na odjeći, šavovi se koriste kako bi se 3D objekt raščlanio u 2D oblike. Modeler izabire rubove na modelu, označava ih kao šavove i pušta da aplikacija stavi izrezane oblike u  $u,v$  koordinatni sustav. On se može unijeti u aplikaciju za crtanje, poput Photoshopa kako bi 2D stručnjak mogao obojati te teksture.

Završene teksture se vraćaju u 3D aplikaciju i stavljaju na model lika. 3D likovi i objekti iz igre rijetko koriste samo jednu teksturnu mapu koja daje objektu boju, tj. difuznu teksturu. Površina modela se može napraviti još realističnijom koristeći različite teksturne mape koje mogu, na primjer, promijeniti prozirnost lika ili odsjaj ili oblik. Difuzne mape se mogu napraviti ili iz fotografija ili se mogu nacrtati. Koja metoda će se koristiti ovisi o vizualnom stilu u kojem se radi igra. Igra u kojoj se koriste stilizirani likovi, kao npr. *World of Warcraft*, odlično koristi rukom nacrtane teksture, dok bi igra koja ima malo realističniji izgled, kao *Call of Duty*, izgledala smiješno kada bi realistični likovi i okoliši koristile rukom nacrtane teksture. Na slici 10 je prikazan primjer odmatanja  $u, v$  koordinata modela.



Slika 10: Odmatanje  $u, v$  koordinata<sup>37</sup>

## Broj poligona

Kod likova iz video igara, topologija i optimizacija su jako važne. Budući da u igrama igrač bira što će njegov lik napraviti, sve se mora iscrtavati u stvarnom vremenu, što znači da se svaka slika stvara tijekom igranja. Stvaranje ovih slika zahtijeva procesorsku moć i vrijeme, ovisno o tome koliko detaljno su napravljeni likovi i okolina. Dobra količina detalja koju neki model lika treba imati ovisi o platformi za koju je igra razvijana. *Unity User Manual* preporučuje idealni broj poligona za mobilne igre od 300 do 1500 poligona, dok računalne platforme mogu prikazati modele likova od 1500 do 4000 poligona. Ako je na ekranu istovremeno nekoliko likova, broj poligona bi se trebao smanjiti da se smanji opterećenje.

U video igrama se međuscene mogu unaprijed iscrtati, isto kao kod filmova, i neke igre zbilja koriste međuscene kako bi prikazale vještinu svojih vizualnih stručnjaka. Na primjer, *Final Fantasy IV* za *Nintendo DS* uključuje uvodnu filmsku scenu s modelima likova koji su toliko

<sup>37</sup> <https://i.ytimg.com/vi/Z4BXfTl6IcQ/maxresdefault.jpg> (Pristupljeno: 30.5.2018.)

detaljni da ta konzola nema ni približnih mogućnosti renderirati takve detalje u stvarnom vremenu. Igra je inače napravljena s jako stiliziranim i pojednostavljenim modelima likova.

Još jedna stvar koju treba razmotriti je, je li potrebno da lik ima trodimenzionalna usta ili se govor može animirati s 2D teksturom. Sve ovisi o tome koliko blizu će lik biti kameri i što će lik raditi. Mala pojednostavljenja poput ovoga mogu značajno smanjiti broj poligona modela. Postoji još jedna situacija u kojoj se model lika s visokim brojem poligona koristi u igri, a to je stvaranje teksturnih mapa. Teksturna mapa se koristi kako bi stvorila iluziju detalja koji reagiraju na svjetlost, bez da stvarnom modelu daje te oblike s poligonima. Ova tekstura se zove tekstura normala. Tekstura normala koristi tri različite boje za spremanje smjera normala piksela. Ona se izrađuje tako da se naprave dvije verzije modela lika: s malim i velikim brojem poligona. Nakon toga se, pomoću 3D aplikacije, detalji s modela koji imaju veliki broj poligona prikazuju na modelu s malim brojem poligona. Tako se dobije detaljni izgled lika, koji pravilno reagira na zrake svjetlosti, a pritom se zadržava mali broj poligona koji omogućava brže iscertavanje.

### **Čista topologija**

Kada se model unosi u *engine* igre, on se triangulira. To znači da se svaki poligon pretvara u trokute. Ako je model sastavljen od trokuta ili četverokuta, dobro će se triangulirati, ali se ne smiju previše miješati te dvije vrste poligona već treba odabrati jednu vrstu. Kod stvaranja modela lika, uvijek se topologija treba uskladiti s prirodnim linijama mišića. To osigurava da se tijelo lika ponaša na prirodniji način tijekom animiranja. Poligoni trebaju biti sličnih veličina i tvoriti čistu mrežu. Još jedna stvar koja bi mogla stvarati probleme u topologiji, je pojava „stupa“ (eng. pole) u modelu. Stup je vrh u kojem se spajaju 5 ili više drugih vrhova.

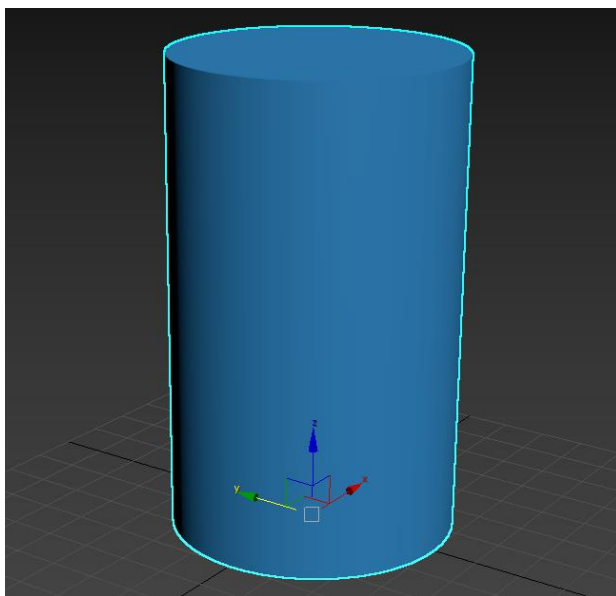
Oni se mogu koristiti na određenim dijelovima modela, ali većinom stvaraju probleme ako modeler ne zna kamo ih postaviti jer oni prekidaju tok neprekinutih rubova te čak mogu uzrokovati da se neprekinuti rub omota oko modela nekoliko puta što jako otežava daljnje dodavanje novih rubova na model. Kada se stvara 3D model, modeler se treba prisjetiti da ukloni sve mnogokute koji se ne vide. Ako su za nekog lika odjeća i tijelo modelirani posebno, svi dijelovi koji su prekriveni odjećom se trebaju potpuno ukloniti s modela tijela (torzo, ruke i noge). Treba imati na umu da su svi neprekinuti rubovi koji ne mijenjaju oblik modela suvišni te se također trebaju ukloniti da ne stvaraju nepotreban nered u topologiji.

## 9. Praktični dio – izrada interijera

Ovaj dio rada je zamišljen kao vodič (eng. tutorial) u kojem se na stvarnom primjeru prikazuje cjelokupan proces 3D dizajniranja. Izrađuju se jednostavne bačve jer je cilj prikaz koraka koji se obavljaju pri izradi virtualne slike i zato fokus nije stavljen na modeliranje kompliciranog objekta.

### 9.1 Modeliranje čvrstih površina

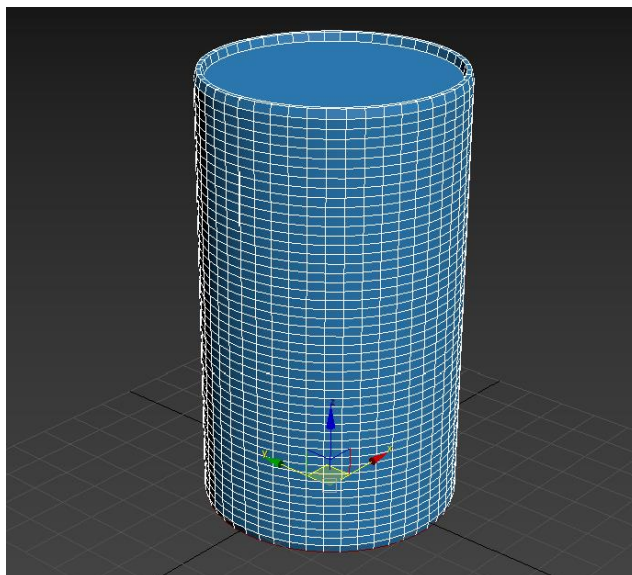
Praktični dio ovog rada se modelira u *Autodesk 3D Studio Max 2018* aplikaciji za modeliranje i koristi se studentska verzija koja je besplatna jer je u edukacijske svrhe. Ona sadrži sve funkcije i rendere kao i standardna verzija koja se plaća. Kao mjerne jedinice koriste se centimetri. Za početak se izrađuje običan cilindar, koji se nalazi u desnom izborniku primitiva. Dimenzije radijusa se namještaju na 30 cm, visina na 100 cm i broj stranica i visinskih segmenata na 48 kako bi za kasniju deformaciju bio dovoljan broj poligona koji omogućavaju da bačva izgleda okruglo. U tekstu se spominju razni pogledi, što znači da u aplikaciji postoji mogućnost proizvoljnog mijenjanja načina pogleda iz kojeg se gleda na objekt – najvažniji pogledi su: perspektivni pogled, koji je najčešći način modeliranja jer je moguće slobodno kružiti mišem oko objekta, pogled odozgo, odozdo, slijeva i zdesna, koji su 2D pogledi koji služe zbog snalaženja i zbog lakšeg odabiranja određenih poligona na objektu i sl. Na slici 11 je prikaz cilindra iz perspektivnog pogleda.



Slika 11: Cilindar



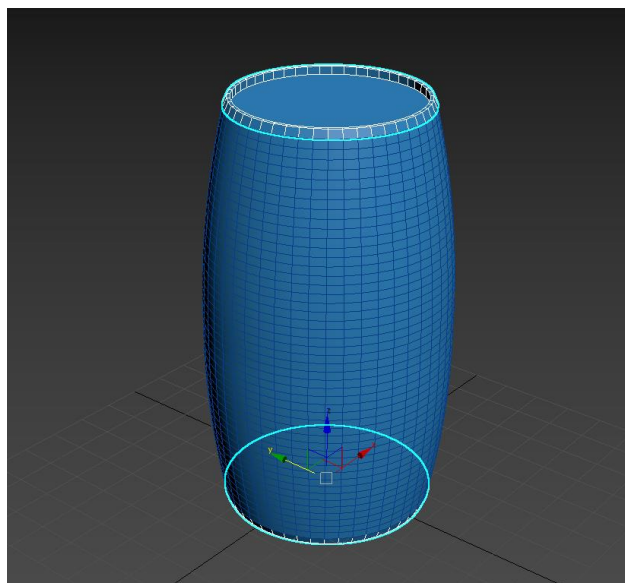
U izborniku modifikatora se izabere modifikator *Edit Poly* koji služi za modeliranje poligona i najosnovniji je modifikator na kojem se dodaju svi ostali modifikatori. Moguće ih je imati i nekoliko i zapravo je poželjno nadodati što više modifikatora kako bi se u svakom promijenilo nešto drugo. Ako postoji nekoliko modifikatora *Edit Poly*, modeler se kasnije može lakše snalaziti ili čak ugasiti pogled na neki modifikator koji se ne uklapa u izgled ili se možda iskrivio na pogrešan način te ih tako lakše uklanja. Na listi modifikatora je moguće dodati bilo koji broj modifikatora. Tipkom „F4“ se uključuju i isključuju linije koje čine mrežu poligona od kojih su sastavljeni svi objekti u sceni. Na modifikatoru *Edit Poly*, pod odabirom *Edit Polygons* se stisne funkcija *Inset* koja služi za uvlačenje poligona i u ovom slučaju za stvaranje obruča oko gornje plohe. Nakon tog koraka, odaberu se poligoni obruča i funkcija *Bevel* kako bi se ti poligoni istisnuli i zakosili prema gore. Isto to se ponovi i za donju stranu. Slika 12 prikazuje cilindar s modificiranim poklopcima.



Slika 12: Cilindar s modeliranim poklopcima

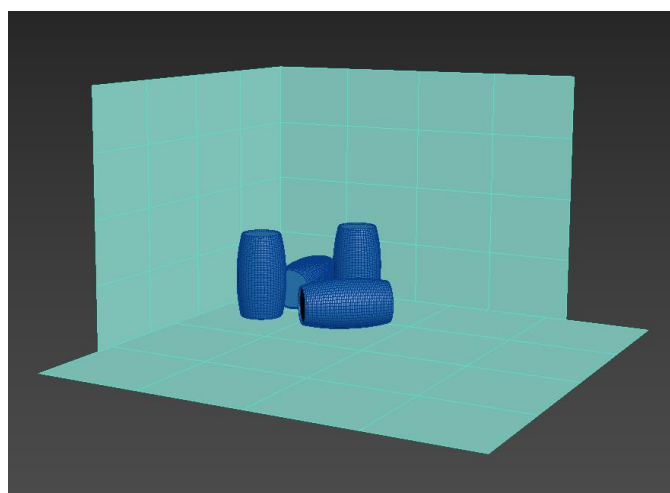
Nakon dodavanja *Edit Poly* modifikatora, u listi se izabere *Taper* modifikator koji služi za deformiranje izgleda cilindra u konusni oblik koji će više podsjećati na bačvu. Za ovaj izgled je bitno uključiti i simetriju te na modifikatoru *Taper* stisnuti na pod izbor *Gizmo* koji predstavlja položaj izbornika za pomicanje koordinata i postaviti ga na sredinu bačve. To se najlakše radi tako da se odabere pogled s lijeve ili desne strane i tako se najpreciznije namjesti na sredinu. Sljedeći korak je odvajanje poklopca i donjeg dijela bačve od tijela. Razlog zašto se radi ovaj korak je taj što će se kasnije dodavati teksture na bačvu koje su različitog izgleda za tijelo bačve i za poklopce. Važno je naglasiti da se mora dodati novi *Edit Poly* nakon *Taper*

modifikatora kako bi se izbjegli neželjeni rezultati iskrivljavanja mreže poligona. Slika 13 prikazuje završni izgled modeliranog cilindra.



Slika 13: Modelirana bačva

Sada se još mogu dodati završni detalji modeliranja, a to su u ovom slučaju još tri bačve koje su kopirane kako bi se upotpunio prostor, te pod i dva zida. Nije potrebno raditi cijelu prostoriju jer će se kamera postaviti tako da se neće vidjeti da ne postoji ostatak prostorije iza kamere i tako će se uštedjeti vrijeme. Dobro je unijeti točne parametre visine i duljine jer treba poštivati stvarnu veličinu objekata. To znači da će zidovi biti visoki maksimalno 300 cm i dugački oko 500 cm. Dobro je staviti i strop kada se izrađuje interijer jer se tako dobije realnija raspršenost svjetla, ali u ovom primjeru maksimalna realnost nije prioritet, tako da strop nije potreban. Na slici 14 su prikazani završni detalji modeliranja.

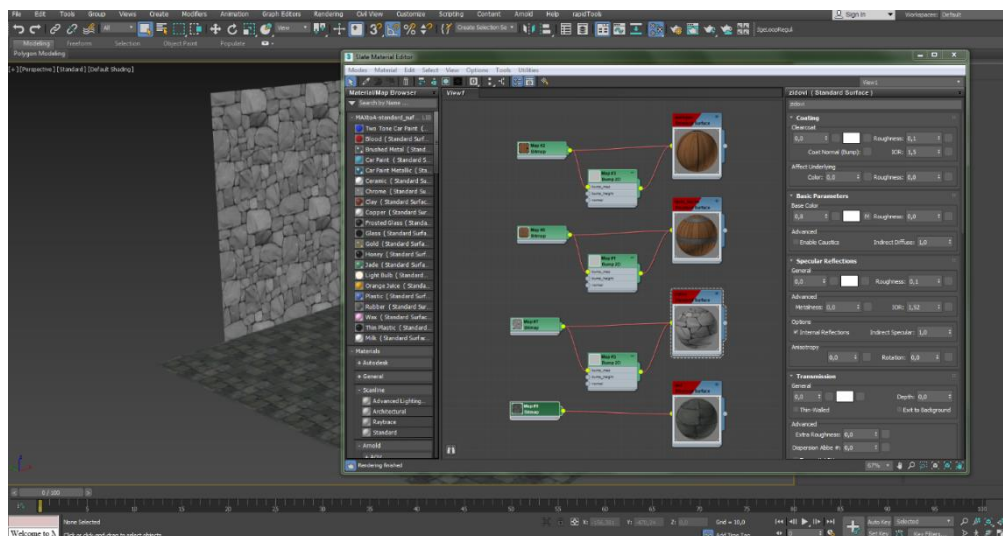


Slika 14: Završni izgled scene

## 9.2 Dizajn modela

S ovim je završen dio modeliranja te se može započeti s ostalim stavkama 3D dizajna. Nastavlja se s materijalima i teksturnim mapama. Uvijek je bitno unaprijed se pripremiti – kako će izgledati scena, s kojim modifikatorima će se napraviti model, koje teksture će se koristiti, koji render, koji će biti stil slike – realističan ili stiliziran ili nešto drugo. Kao što je objašnjeno u ovom radu, u procesu 3D dizajna bi svaki dio ovog procesa radio drugi vizualni stručnjak, no jako je bitno da modeler zna sam raditi sve ove korake, kako bi se kasnije mogao specijalizirati za jedan korak. Što se tiče tekstura, one se inače crtaju ručno, ali ponekad se mogu iskoristiti i slike s Interneta. Bitno je paziti kakva slika se preuzima – ako se ta slika mora ponavljati (u svakoj sceni se ponavlja minimalno jedna tekstura na nekom modelu), treba paziti da se završetci slike ne vide na drugoj strani, da nema tzv. šavove.

Na primjer, lijeva strana slike se mora savršeno nadovezivati na desnu stranu slike, a analogno vrijedi za gornju i donju stranu. Ovaj problem se može popraviti u Photoshopu ili nekoj drugoj aplikaciji za obradu slika. Već kod samog odabira materijala, treba se znati koji render će se koristiti jer svaki render ima svoju vrstu osnovnog materijala koji koristi i na kojeg se povezuju teksture. Materijali koji su specifično napravljeni za jedan render, ne rade na ostalim renderima. U ovom slučaju će se koristiti *Arnold* render koji je uključen u ovoj verziji *3DS Maxa* jer on daje najrealističnije rezultate, naravno ako se ne računa *v-ray*. Teksturna mapa koja će se ovdje koristiti za bačve je već obrađena u Photoshopu, što znači da već ima razmotane *u,v* koordinate modela (tijelo bačve i poklopci su uredno posloženi jedan do drugoga i sada se samo trebaju staviti na odgovarajuća mjesta na modelu). Na slici 15 je prikazan izbornik materijala s već napravljenim materijalima koji će se koristiti.



Slika 15: Izbornik materijala

Sa slovom „M“ na tipkovnici, otvara se izbornik materijala u kojem se treba pronaći *Standard Surface* za *Arnold* render i jednostavno odvući sliku teksture u taj otvoreni izbornik pored materijala. Na kartici *base\_color*, teksture i materijali se spajaju pomoću takozvanih „čvorova“, i u ovom slučaju se dodaje i mapa nepravilnosti (eng. *bump map*), koja je također za *Arnold* jer će ona dodati privid trodimenzionalnosti teksture. Ona se spaja na teksturu i na materijal pod karticom *normal*. Ovaj postupak je uvijek isti kod izrade tekstura. Sada se pod slikom teksture treba namjestiti da ona bude izrezana i najdulju teksturu odabrati za tijelo, a za poklopce jednu od dvije teksture poklopca. Može se napraviti da svaki poklopac ima svoju teksturu, ali bi se otpočetak trebalo modelirati na drugačiji način. U redu je da oba poklopca budu ista jer će se vidjeti samo taj jedan poklopac.

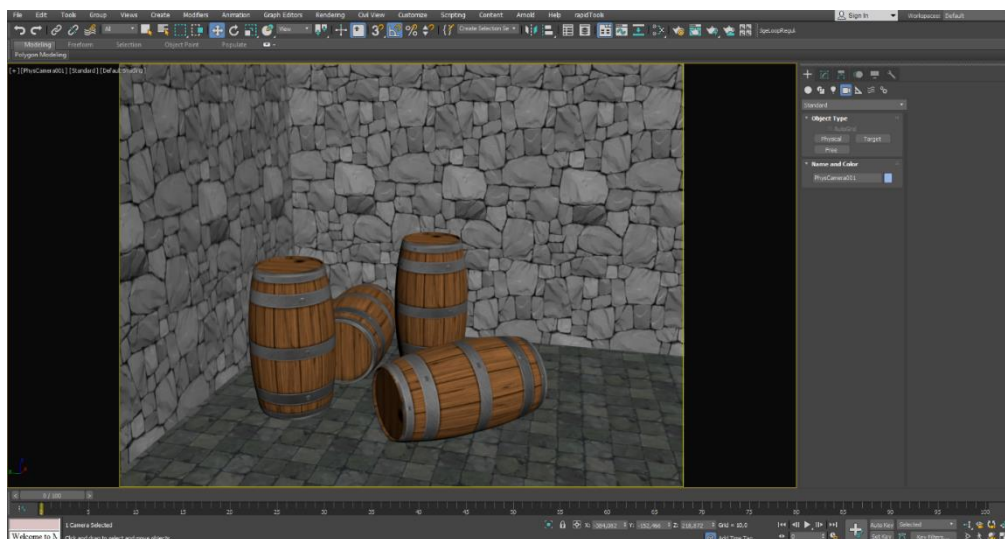
Potrebno je napraviti dva materijala *Standard Surface* – jedan za tijelo bačve, drugi za poklopac, a sve ostalo se može kopirati. U materijalu se mora isključiti opcija *Specular Reflection* tj. staviti ju na nulu kako se bačve ne bi sjajile, trebaju se odabrati odgovarajuće površine i primijeniti materijal na njima, te povećati opcije neravnina na *Bump 2D* materijalu za stvarniji učinak. Nakon toga se odaberu nove teksture za zidove i pod. Dobra praksa je da se svi materijali imenuju kako bi se u budućnosti lakše snalazilo. Slika 16 prikazuje primijenjene teksture na modelima.



Slika 16: Modeli s teksturama

Slijedeća faza je postavljanje kamere. Ona se stvara tako da se u desnom izborniku odabere ikona koja predstavlja kamere i odabere se *Physical Camera*. Opet je važno izabrati vrstu kamere za određeni render jer neke kamere nisu kompatibilne s nekim renderima. Odabere se npr. pogled s lijeva i postavi se kamera gdje god dizajner misli da će biti dobar kadar. Može se

namjestiti pogled direktno iz kamere kako bi se što preciznije mogao namjestiti kadar. Još jedna stvar koja je bitna kod namještanja kadra je da se ne vidi prazan prostor oko zidova ili poda. Ovo se može izbjeći korištenjem takozvanog *Safe Framea* koji se uključuje pritiskom kombinacije tipki „SHIFT+F“. Na ekranu se iscrta „sigurnosni kadar“ koji je žute boje i koji je manji od cjelokupnog pogleda iz kamere i služi kako bi se točno vidjelo što se vidi s kamerom, a što ne. Ovu opciju je uvijek odlično koristiti za provjeru završnog iscrtavanja. U *3DS Maxu* postoji pregršt opcija za manipuliranje svih radnji, pa tako i kamere, no za to je ipak potrebno napredno znanje. Bitno je da se kameru može pomicati u svim smjerovima i to isto se može napraviti i s ciljnom točkom kamere (eng. target). Na slici 17 je prikazano korištenje *Safe Frame* opcije za pogled iz kamere.



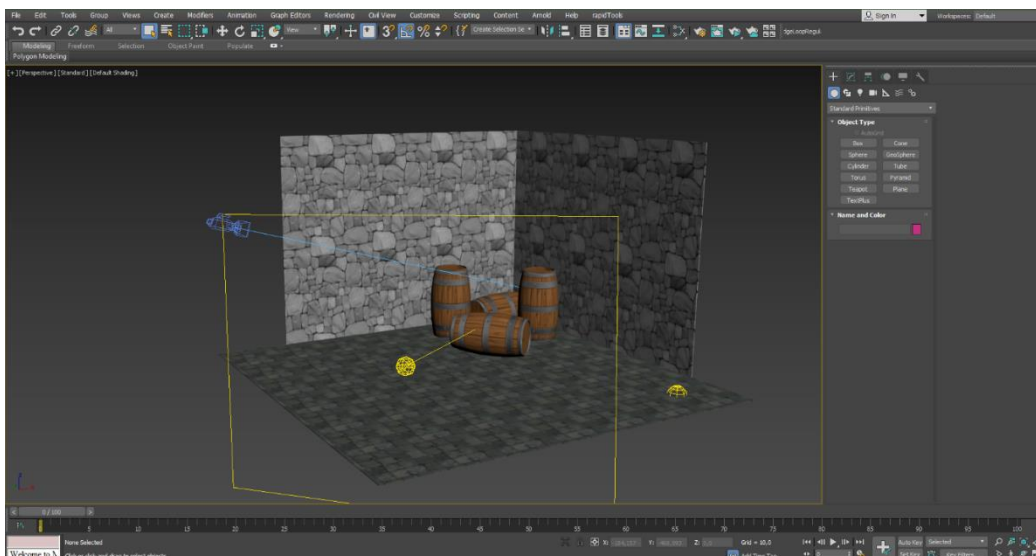
Slika 17: *Safe Frame* opcija

Jednom kada se kamera postavi na željeno mjesto, *Safe Frame* se može isključiti i ostali pogledi se mogu koristiti potpuno slobodno jer će kamera ostati na mjestu i uvijek je moguće vratiti se u njen pogled, kao za završno iscrtavanje. Postavljanje svjetla je možda najkompliciraniji dio 3D dizajna. Potrebna je velika količina znanja i iskustva, i zapravo je na ovom koraku bitno isprobavati razne opcije i provjeravati kako bi to izgledalo kod iscrtavanja jer se na sceni ne vide svjetla i sjene. Kada se postavljaju svjetla, nema točno propisane količine i jačine svjetla jer će sve izgledati različito kod različitih dizajnera. Kod osvjetljenja je prisutna velika količina improvizacije, od toga gdje će se postaviti svjetlo, koja vrsta svjetla, koje će boje ona biti i sl.

Obzirom da se radi o interijeru, postavlja se svjetlo tipa *Skydome* koje služi za općenitu osvijetljenost prostorije i onda se dodaje vrsta svjetla koja će služiti kao usmjereno svjetlo koje će osvjetljavati objekt po odabiru 3D dizajnera. U ovom slučaju, korišteno je svjetlo *Quad* koje,



kao što i ime kaže, ima oblik četverokuta i bitno je namjestiti da taj četverokut bude dovoljno velik kako bi osvijetlio neki objekt ili površinu (npr. bačve). Sada se dolazi do isprobavanja idealnog intenziteta oba svjetla i iscrtavanja cijele scene u renderu. Dovoljno je kod rendera namjestiti da bude u modu aktivne sjene jer tako najbrže iscrtava i nije toliko bitno koja je kvaliteta slike, nego kakvo je osvijetljenje. Kao što je već spomenuto, osvijetljenje je bitno namjestiti onako kako najbolje izgleda dizajneru. Na slici 18 je prikaz kamere i izgled *Quad* svjetla i *Skydome* svjetla.



Slika 18: Svi elementi u sceni

Važno je spomenuti da *Skydome* svjetlo uvijek treba stavljati na pod tj. da polovica bude u podlozi kako bi se scena pravilno osvijetlila i ono može biti stavljeno bilo gdje na podlozi. Završni i izgledom najvažniji korak, je iscrtavanje scene u obliku slike. Za ovaj korak, kao i za osvijetljenje, potrebna je velika količina znanja i vježbe. Najbolje bi bilo odabrati jedan render i onda naučiti najvažnije mogućnosti koje on pruža. Idealan izbor bi bio *v-ray* jer je on trenutno najrealističniji render i dostupan je za deset aplikacija za 3D dizajn. Najveća mana ovog rendera je cijena (za *3DS Max* godišnja pretplata za usluge korištenja *v-ray* rendera kao *plug-ina* je 2500 kn). Za sada je *Arnold* najpraktičnija i najjeftinija opcija.

U izborniku za render koji se otvara pritiskom tipke „F10“, postoji mnoštvo opcija. U prijašnjem koraku je bilo potrebno koristiti render kako bi se vidjela završna verzija scene. Budući da nije bila bitna kvaliteta iscrtane slike, nego samo sveukupni izgled elemenata u sceni, bilo je bolje namjestiti u kartici *Target – ActiveShade Mode*. U ovom načinu rada, koristi se manje resursa računala jer izgled nije najkvalitetniji mogući, već kao što i ime kaže, aktivno se mijenjaju sjene. To znači da kako dizajner pomiče kameru ili općenito pogled, bilo to s

pritiskom tipki na tipkovnici ili samo udaljavanje ili približavanje kamere, cijela scena se počinje ispočetka iscrtavati čim se napravi i najmanji pomak. Na ovaj način se najlakše mogu raditi male izmjene i direktno vidjeti rezultat tih izmjena u prozoru rendera. U završnoj fazi 3D dizajna je najbolje koristiti *Production Rendering Mode* jer više nije potrebno činiti male izmjene i scena se ne treba što brže iscrtati, već je sada najvažnija stavka – kvaliteta. Kod kvalitetnog iscrtavanja zapravo nije potrebno veliko znanje rendera jer je do sada ispravno namješteno sve što je zahtijevalo prethodno znanje te je samo bitno da se namjesti kvaliteta koja je potrebna dizajneru. Neke od opcija rendera koje će se koristiti su: namještanja veličine cjelokupne slike i opcije za najveći broj zraka svjetlosti koje će se ispuštati kroz elemente u sceni, a to su: kamera, difuzni i spekularni materijali i propusnost materijala.

Pored tih opcija postoji i dodatni broj koji se odnosi na broj odbijanja tih zraka od površine (taj broj je bolje ostaviti jednak ili otprilike isti kao broj zraka svjetlosti za elemente u sceni jer se inače jako usporava vrijeme iscrtavanja). Kod propusnosti materijala je bitno naglasiti da se on koristi za staklene površine i da taj broj nije dovoljno velik, staklo ne bi bilo prozirno nego bi izgledalo kao crno staklo te ako nema staklenih elemenata u sceni nije potrebno staviti visok broj. Kod te opcije je bitno da se namjesti onoliki broj koliko sveukupnih ploha ima stakleni objekt (znači da bi trebala biti na 2 ako je u sceni neki prozor jer svjetlo mora proći kroz dvije plohe kako bi izgledalo prozirno). Broj zraka svjetlosti koje izlaze iz kamere određuju cjelokupnu kvalitetu slike tj. hoće li ona izgledati zrnasto ili glatko u završnom iscrtavanju (treba imati na umu da će veći broj zraka posvijetliti cijelu sliku pa se prema tome treba namjestiti osvjetljenje). Završni render je sveukupno trajao dva sata.

Zadnja stavka koja do sada nije spomenuta, a integralni je dio procesa 3D dizajna, je post produkcija. Izraz se odnosi na završnu obradu slike u specijaliziranoj aplikaciji. U ovom slučaju koristi se *Adobe Photoshop*. Ovaj korak je bitan ako je cilj 3D dizajna izrada slike te se pomoću ove dodatne obrade osigurava maksimalna realnost i vjernost slike. Na završnom renderu, problematični ili nerealni dijelovi su sjene. U renderu će dijelovi scene, koji u stvarnom životu ne mogu biti osvijetljeni tj. koji se ne vide, biti barem malo osvijetljeni pa se ovo mora popraviti naknadno. Na slici 19 je prikazan rezultat post produkcije.



Slika 19: Završna slika nakon post produkcije



## Zaključak

Ovaj rad opisuje elemente 3D dizajna. Na početku rada se opisuju osnovni pojmovi modeliranja, odnosno kako modeli trebaju izgledati, od čega se sastoje i na koji način se izrađuju. Navedene su vrste aplikacija za izradu 3D modela te načini njihove upotrebe: za vizualizacije, procjene izgleda, izvodljivosti, cijene i sl. i područja u kojima se javljaju. Najčešća područja su: industrija video igara i filmova, arhitektura, medicina, web dizajn. Pod elementima 3D dizajna je objašnjeno 3D modeliranje, teksture koje se stavljaju na modele i razna preslikavanja, od kojih postoje: preslikavanje neravnina, normala i pomaka. Najčešća svjetla koja postoje su: usmjereno svjetlo, točkasto svjetlo, reflektor, osvjetljenje područja, volumensko i ambijentalno svjetlo).

Vrste iscrtavanja koja se koriste danas su *ray tracing*, *mental ray* i *v-ray*, od kojih je *v-ray* najpopularniji. Poblje su objašnjene i vrste 3D modeliranja koje obuhvaćaju: poligonalno i NURBS modeliranje, modeliranje razdjeljivanjem, modeliranje rubova, odnosno obrisa, digitalno i proceduralno modeliranje, modeliranje zasnovano na slikama i 3D skeniranje. Rad se fokusira na industriju video igara zbog odlične podjele uloga u procesu izrade video igara te zato što je cjelokupna izrada video igara zapravo proces 3D dizajna. Uloge su podijeljene na 2D i 3D vizualne stručnjake.

U 2D stručnjake pripadaju: konceptni stručnjaci koji izrađuju početni vizualni identitet igre i teksturni stručnjaci koji izrađuju slike koje se stavljaju na sve objekte u igri. 3D vizualnih stručnjaka ima puno više pa su podijeljeni na stručnjake za: okoliš, likove, nivoe, rekvizite, oružja i slično. Ovisno o tome koliko je veliki studio koji razvija igru, toliko je moguće imati različitih uloga. Kao praktični primjer korištenja 3D dizajna, izabran je dizajn interijera. Napravljen je cilindar koji je modeliranjem postao bačva. On je kopiran par puta, napravljeni su zidovi i pod te je dodana kamera i osvjetljenje u scenu i na kraju se ta scena iscrtala u objedinjenu sliku. Slika je potom obrađena post produkcijom i s time je praktični dio završen.

## Literatura

1. 3D Game Modeling: Beginners Guide. *GameDesigning*. URL: <https://www.gamedesigning.org/learn/3d-modeling/>
2. Badler, Norman I., Glassner, Andrew S. *3D Object Modeling*.  
[http://gamma.cs.unc.edu/courses/graphics-s09/LECTURES/3DModels\\_SurveyPaper.pdf](http://gamma.cs.unc.edu/courses/graphics-s09/LECTURES/3DModels_SurveyPaper.pdf)
3. Baričević S., Žižić I. 3D modeliranje i generiranje oblaka točaka pomoću Autodesk ImageModeler-a i Photo Scene editor-a. // Ekscentar, 14(2011)
4. Bernik A., Blažuc G. Tehnike renderiranja i računalnog osvjetljenja. // Tehnički glasnik 7, 3(2013)
5. Bernik, A. Vrste i tehnike 3D modeliranja. // Tehnički glasnik 4, 1-2(2010), str 45-47.
6. Dey, A. What are the common types of Game Assets? Rujan 2014. *Openxcell*. URL: <https://www.openxcell.com/common-types-game-assets>
7. *Esri CityEngine*. URL: <http://www.esri.com/software/cityengine>
8. Game art design. Svibanj 2018. *Wikipedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Game\\_art\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Game_art_design)
9. Heikkilä, E. A Guide to Building a 3D Game Character: Bachelor of Business Administration. Kajaani. Kajaanin Ammattikorkeakoulu University of Applied Sciences, 2017. URL: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/133905/Heikkila\\_Elisabet.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/133905/Heikkila_Elisabet.pdf?sequence=1)
10. Luan, X., Xie, Y., Ying, L., Wu, L. Research and Development of 3D modeling. // IJCSNS 8, 1(2008)
11. Pluralsight. What's the difference between hard surface and organic modeling? Lipanj 2015. Pluralsight. URL: <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/whats-the-difference-between-hard-surface-and-organic-models>
12. Rinaldi, D. Modeling quality checklist. *Dante Rinaldi Design*. URL: <https://danterinaldidesign.com/3d-modeling-quality-checklist/>
13. Silverman, D. 3D Primer for Game Developers: An Overview of 3D Modeling in Games. *EnvatoTuts+*. URL: <https://gamedevelopment.tutsplus.com/articles/3d-primer-for-game-developers-an-overview-of-3d-modeling-in-games--gamedev-5704>
14. Slick, J. 7 Common Modeling Techniques for Film and Games: An Introduction to 3D Modeling Techniques. Listopad 2017. Lifewire. URL: <https://www.lifewire.com/common-modeling-techniques-for-film-1953>
15. *SpeedTree*. URL: <https://store.speedtree.com/>

## Popis slika

Slika 1: Obris kamere

Slika 2: Kamera

Slika 3: Pogled iz 3. i 1. lica

Slika 4: Triangulacija pentagona

Slika 5: Difuzna tekstura i tekstura normala

Slika 6: Naljepnica

Slika 7: *Shader*

Slika 8: Odabir izgleda lika u igri *World of Warcraft*

Slika 9: Nacrt za 3D model

Slika 10: Odmatanje  $u, v$  koordinata

Slika 11: Cilindar

Slika 12: Cilindar s modeliranim poklopcima

Slika 13: Modelirana bačva

Slika 14: Završni izgled scene

Slika 15: Izbornik materijala

Slika 16: Modeli s teksturama

Slika 17: *Safe Frame* opcija

Slika 18: Svi elementi u sceni

Slika 19: Završna slika nakon post produkcije